



**Universidade de Aveiro** Departamento de Engenharia Civil

**2015**

**JOEL GASPAR  
ESTRADA**

**Prevenção de riscos na fase de projeto com base  
na metodologia BIM**





**JOEL GASPAR  
ESTRADA**

**Prevenção de riscos na fase de projeto com base  
na metodologia BIM**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

Presidente

**Prof. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa**  
Professora Associada da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista**  
Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues**  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

A presente dissertação foi realizada sob a orientação da Professora Doutora Fernanda Rodrigues, a quem agradeço pelo tema proposto, pela disponibilidade, sugestões e conselhos, e dedicação ao longo deste projeto.

Agradeço profundamente à minha família pelo apoio incondicional, principalmente aos meus pais, pelo apoio e sacrifício que passaram ao longo destes seis anos e por proporcionarem todas as condições para realizar esta etapa da minha vida.

Um especial agradecimento aos meus amigos, por todos estes momentos compartilhados, pelo companheirismo e apoio durante todo o curso.

Por último, agradecer aos meus avós, em especial ao meu avô, por toda a educação e valores que me transmitiu, onde quer que esteja estará no meu coração.





## palavras-chave

*Rule-checker; Building Information Modeling, Avaliação de riscos, Prevenção na fase de projeto*

## resumo

As características e especificidades do setor da construção levam a que as respetivas atividades apresentem probabilidade de ocorrência de elevados riscos ocupacionais. A implementação de regras e de boas práticas de segurança criam um ambiente produtivo e sem acidentes, quando integradas no planeamento de segurança na fase de projeto. Esta fase é reconhecidamente o momento privilegiado para influenciar os resultados da construção, constituindo também a oportunidade ideal para influenciar os níveis de segurança na construção, sendo que a *Prevention through Design* associada à metodologia *Building Information Modeling* (BIM), pode conduzir à efetiva prevenção de riscos profissionais.

A aplicação do BIM está a crescer nas áreas de engenharia e arquitetura, como uma metodologia fundamental que permite a criação de modelos 3D digitais de edifícios com informações incorporadas desde a fase de projeto até às fases de construção e operação. Suportada na revisão bibliográfica, esta dissertação pretende realçar a importância do desenvolvimento de um *framework* baseado em modelos BIM, que integre elementos que permitam identificar perigos e os consequentes riscos e implementar medidas de prevenção ou de controlo e fazer uma prevenção precisa na fase de projeto. Com este objetivo foi feita uma formalização, identificando a legislação que pode ser extraída e traduzida para códigos computacionais. Foi desenvolvido um *framework* com os passos principais para ser criado um sistema *rule-checker*, que permite verificar os requisitos legais e técnicos que contribuem para se obter na fase de projeto, de construção e de utilização um nível de segurança elevado. A fase de estruturas de um edifício objeto de estudo foi modelada através do *software* Autodesk Revit 2015, no qual foram inseridos todos os elementos necessários para se atingir um nível de segurança aceitável, no que respeita ao risco de queda em altura, tendo sido desenvolvido o projeto tridimensional de segurança para prevenir esses riscos. Toda esta informação foi considerada para ser usada durante a simulação do planeamento da construção através do *software* Autodesk Naviswork 2015 (modelo 4D), com o objetivo de se otimizar a calendarização da construção e da segurança. Criaram-se os objetos relativos aos sistemas de proteção contra quedas em altura (guarda corpos, linha de vida, sistemas de tamponamento de aberturas), sendo possível verificar no modelo 3D a colocação exata destes elementos temporários, a respetiva sequência temporal, extrair as quantidades e efetuar a sua estimativa de custos.

Em suma pode-se concluir que com um *framework* baseado em BIM, é possível incorporar opções de segurança viáveis sob o ponto de vista construtivo e fiável sob o ponto de vista do desempenho da segurança, desde a fase de projeto, atribuindo a cada detalhe as características e os requisitos de segurança necessários, considerando-se que esta dissertação contribui para uma nova abordagem da gestão da segurança no setor da construção.



## keywords

Rule-checker; Building Information Modeling, Risk Assessment, Prevention through Design.

## abstract

Construction sector characteristics usually lead to high occupational hazards. To struggle this tendency good safety practices and records create an incident free and productive environment when integrated in the planning for safety at the early stage of a project. The design phase is the privileged moment to influence all the construction results and consequently is also the ideal opportunity to influence construction safety. Thereby Prevention through Design associated with Building Information Modeling (BIM), can lead to a more developed and effective risk prevention.

BIM application is growing in architecture, engineering and construction, as a fundamental methodology to create digital 3D models of buildings with information embedded from the design phase throughout construction and operation phase. These models are the digital representation of physical and functional characteristics of a building as an intelligent repository of elements with relations and attributes, making it an effective vehicle for automatic decision-making in all phases of a project.

This work aims to contribute to a new approach to safety management in conjunction with BIM methodology through 3D and 4D (simulation of planning) models.

Supported in the literature review, this dissertation aims to enhance the importance of developing a *framework* in BIM-based models, integrating elements to identify risks and consequently implement control or prevention measures and make precise risk prevention during the design phase. With this goal a formalisation has been made, identifying the legislation that can be extracted and translated into computer code. A *framework* was developed with the primary steps to create a rule-checker system aiming the automatic checks of technical and legal requirements contributing to a high safety level in the design, construction and operation phase. The structure phase of a building was modelled with Autodesk Revit 2015, in which were inserted all the elements necessary to achieve an acceptable level of safety, regarding the prevention of falls from height. The 3D safety objects and the safety project were developed. All this information was considered to be used during the simulation of the construction planning through Autodesk Naviswork 2015 (to obtain the 4D model), in order to optimize the construction and safety planning. It was possible to create three-dimensional objects (guard rails, safety cables, horizontal openings protection), and it was possible to verify in the 3D model the exact placement of these temporary elements, its temporal sequence (the planning), extract the bill of quantities and costs.

Summarising, it can be concluded that with a BIM-based *framework*, it is possible to embed viable safety options under the constructive point of view and reliable from the point of view of safety performance, from the design stage, giving at each detail the characteristics and safety requirements. So, it is considered that this dissertation contributes to a new approach of safety management in the construction industry.



# Índice

<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>XV</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>XVI</b>
<b>Simbologia, siglas e abreviaturas</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>3</b>
1.1. Enquadramento.....	3
1.2. Objetivos e Metodologia.....	5
1.3. Organização e estrutura da dissertação.....	6
<b>2. <i>Building Information Modeling</i></b> .....	<b>9</b>
2.1. Enquadramento.....	9
2.2. nD BIM .....	11
2.3. Integração BIM.....	14
2.4. <i>Softwares</i> de Modelação.....	17
2.4.1. Autodesk Revit.....	19
2.4.2. Autodesk Naviswork .....	20
2.5. Prevenção de riscos através do BIM.....	20
<b>3. <i>Framework rule-checker</i> baseado em BIM</b> .....	<b>27</b>
3.1. Gestão na Construção e Segurança e Saúde no Trabalho.....	27
3.2. Avaliação de Perigos e Riscos.....	29
3.3. Princípios gerais de Prevenção.....	31
3.4. Comunicação de Segurança .....	34
3.5. <i>Rule-Checker</i> .....	35
3.5.1. Necessidade de um modelo <i>rule-checker</i> .....	35
3.5.2. Abordagem baseada em Regras .....	36
3.5.3. <i>Framework</i> .....	38
3.5.4. Desenvolvimento do <i>rule-checker</i> .....	39
3.5.5. Interpretação de regras (formalização) .....	40
3.5.5.1. Legislação aplicada a Estaleiros Temporários ou Móveis ....	41
3.5.5.2. Execução da Formalização.....	42
3.5.6. Preparação do modelo de Construção .....	45
3.5.7. Execução das regras .....	45

3.5.8. Relatório <i>rule-checker</i> .....	46
3.5.9. Correção de Segurança.....	46
3.5.9.1. Sistemas de proteção contra quedas em altura.....	46
3.5.9.2. Sistemas de proteção adotados.....	47
3.5.10. Desenvolvimento do modelo .....	49
3.5.11. Análise automática de perigos.....	52
<b>4. Caso de estudo .....</b>	<b>57</b>
4.1. Considerações iniciais.....	57
4.2. Modelação do Edifício .....	58
4.2.1. Arquitetura .....	58
4.2.2. Elementos construtivos.....	59
4.2.3. Sapatas .....	60
4.2.4. Paredes .....	61
4.2.5. Lajes .....	62
4.2.6. Pilares.....	63
4.2.7. Escadas.....	64
4.2.8. Modelo final .....	65
4.3. Modelação Estruturas temporárias .....	66
4.3.1. Guarda-corpos.....	66
4.3.2. Tampas das Aberturas .....	67
4.3.3. Linha de Vida.....	68
4.3.4. Modelo Final .....	68
4.4. Planeamento da construção.....	70
4.4.1. Listas de quantidades.....	70
4.4.2. Planeamento Naviswork .....	70
<b>5. Considerações Finais.....</b>	<b>75</b>
5.1. Síntese do trabalho realizado.....	75
5.2. Dificuldades sentidas .....	75
5.3. BIM na prevenção de riscos e gestão de segurança .....	76
5.4. Trabalhos futuros .....	78
<b>6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo A – Informações técnicas dos guarda – corpos .....</b>	<b>89</b>

<b>Anexo B – Informações técnicas dos elementos de Linha de vida .....</b>	<b>93</b>
--	-----------

## Índice de Figuras

Figura 1 – Representação 3D BIM (A) e a representação real (B).....	9
Figura 2 – Metodologia BIM num projeto de construção .....	10
Figura 3 – Várias abordagens BIM.....	14
Figura 4 – Relações entre intervenientes.....	15
Figura 5 – Impacto dos Intervenientes no custo do projeto.....	22
Figura 6 – Planeamento do projeto vs. Influência da segurança.....	22
Figura 7 – Triângulo orgânico da segurança na construção .....	27
Figura 8 – Sistema de gestão de segurança no setor da construção.....	32
Figura 9 – Exemplo de um plano de segurança contra quedas tradicional .....	35
Figura 10 – As 4 fases de funcionalidades que um sistema <i>rule-checker</i> deve suportar .....	37
Figura 11 – <i>Framework</i> para um sistema <i>rule-checker</i> .....	39
Figura 12 – Processo do <i>rule-checker</i> para modelos baseados em BIM .....	40
Figura 13 – Total de cláusulas da Portaria 101/96 vs. cláusulas extraídas .....	43
Figura 14 – Distribuição das cláusulas nas diferentes categorias .....	43
Figura 15 – Total de cláusulas do Decreto- Lei n.º 41821/58 extraídas .....	44
Figura 16 – Distribuição das cláusulas nas diferentes categorias .....	44
Figura 17 – Parâmetros de segurança aplicados nos sistemas de guarda-corpos(BS EN 13374). .....	48
Figura 18 – Modelo para o sistema <i>rule-checker</i> . .....	49
Figura 19 – Limites com risco de quedas.....	50
Figura 20 – Relação entre os limites de lajes adjacentes. ....	50
Figura 21 – Algoritmo do sistema <i>rule-checker</i> para a deteção de limites com risco de queda.....	51
Figura 22 – Algoritmo para o sistema <i>rule-checker</i> . .....	52
Figura 23 – Interface de JHA.....	53
Figura 24 – Exemplo de uma ficha de JHA .....	54
Figura 25 – Fachada principal do centro de Radioterapia.....	57
Figura 26 – Corte lateral em CAD .....	58
Figura 27 – Planta do Piso rés-do-chão em CAD.....	58

Figura 28 – <i>Link</i> de importação de ficheiros CAD para Revit .....	59
Figura 29 – Janela de definições de propriedades de objetos .....	60
Figura 30 – Modelação de sapatas isoladas .....	60
Figura 31 – Planta de sapatas e lintéis da fundação do piso -1 .....	61
Figura 32 – Vista 3D das paredes do Piso -1 .....	62
Figura 33 – Comando para criar lajes .....	62
Figura 34 – Limites da laje de cobertura .....	63
Figura 35 – Vista 3D de pilares de diferentes alturas .....	64
Figura 36 – Vista 3D da escada exterior .....	64
Figura 37 – Vista 3D do alçado principal .....	65
Figura 38 – Vista 3D do alçado posterior .....	66
Figura 39 – Comparação entre o modelo revit e o modelo real.....	67
Figura 40 – Tampa de contraplacado modelado em revit .....	67
Figura 41 – Modelo Revit do poste de ancoragem.....	68
Figura 42 – Vista 3D do modelo com linha de vida .....	69
Figura 43 – Vista 3D do modelo final revit.....	69
Figura 44 – Função para exportar as listas de quantidades.....	70
Figura 45 – Modelo Naviswork com o planeamento MS Project .....	71
Figura 46 – Imagens da animação 4D do modelo e das estruturas temporárias .....	72

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Designações campos de aplicação de ferramentas informáticas e do BIM.....	13
Tabela 2 – Recomendações para a implementação do BIM.....	16
Tabela 3 – <i>Softwares</i> disponíveis no mercado.....	18
Tabela 4 – Comparação entre a aplicação de <i>softwares</i> .....	19
Tabela 5 – Exemplo de identificação de perigos e riscos na execução de uma laje em piso elevado.....	30
Tabela 5 – Exemplo de identificação de perigos e riscos na execução de uma laje em piso elevado (cont.).....	31
Tabela 6 – Categorização das cláusulas do Decreto-Lei n.º 41821/58, de 11 Agosto pertencentes aos Títulos I,II e V.....	45



## Simbologia, siglas e abreviaturas

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

4D – Integração do planeamento do tempo no modelo tridimensional

5D – Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional

6D – Integração da sustentabilidade e desempenho energético no modelo tridimensional

7D – Integração da gestão de ativos *facility management* no modelo tridimensional

nD – Várias dimensões

ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer-Aided Design*

CEE – Concelho das Comunidades Europeias

CPO – Comunicação Prévia

CTO – Compilação Técnica

DL – Decreto de Lei

EN – Normalização Europeia

FETICOP – Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas

MEP – *Mechanical, Electrical e Plumbing*

PDF – *Portable Document Format*

PSS – Plano de Segurança e Saúde

PTD – *Prevention through Design*

VDC – *Virtual Design and construction*



# Capítulo 1

---

Introdução



## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento

A situação económica em Portugal, desde o início do século, entrou num período de estagnação, continuando com sinais de crescimento pouco acentuados, sendo o setor da construção um dos mais afetados.

Segundo o relatório da “Conjuntura da Construção” de Setembro de 2014 da (FEPICOP 2014), o investimento neste setor está em queda há 48 trimestres consecutivos, tendo perdido 24,4 mil postos de trabalho no segundo trimestre de 2014. Por outro lado existe uma ligeira subida no número de concursos públicos, 38,6%, em relação ao mesmo período do ano anterior, e de licenciamento de edifícios não residenciais, 4.8% em relação ao período homólogo do ano de 2013.

Com a crise no setor, a competição aumenta, os atrasos tornam-se comuns e o custo final da obra é superior ao esperado, realidade retratada por estudos norte-americanos que indicam que o valor, relativamente ao custo total da obra, despendido na correção de erros, atrasos, reconstrução, etc., é aproximadamente 30%, e a força de trabalho é usada entre 40-60% da sua potencial eficiência (Rodrigues 2013).

Este setor tem uma grande fragmentação, grande variedade de empresas com diferentes dimensões e especialização e elevada incidência de trabalho casual (Vrijhoef & Koskela 2005).

As especificidades deste setor contribuem para a dificuldade de implementação de medidas preventivas, e consequentemente, para o aumento de acidentes de trabalho (Swuste et al. 2012).

Segundo dados da Autoridade para as Condições de Trabalho - ACT, cerca de 31% dos acidentes mortais em Portugal ocorrem na indústria da Construção Civil e 14.8% são devido a quedas/escorregamento (ACT 2015).

O Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro (DL 273/2003) estabelece que a prevenção de riscos deve ser integrada durante a fase de projeto. Esta integração na fase inicial do projeto terá influência positiva na execução, na qualidade do trabalho, na utilização, manutenção e reparação, recuperação e demolição das edificações (Rodrigues & Maranhão 2007).

A gestão de um projeto de construção consiste no planeamento de todas as suas atividades, desde a fase de conceção até à entrega final do produto. Isto envolve a coordenação e a monitorização de todas as suas fases, para satisfazer todos os requisitos funcionais, de custo, tempo, legais, qualidade e saúde e segurança (Harris & McCaffer 2006). A diversidade de atividades e intervenientes desde a fase de projeto até à fase de execução levou ao estabelecimento do sistema de coordenação de segurança e saúde no setor da construção. A coordenação de segurança na fase de projeto e na fase de execução cuja organização envolve a sequência sucessiva de tarefas, sendo importante correlacioná-las para garantir o maior nível de eficácia. No entanto, devido às singularidades da indústria da construção, o planeamento da segurança é realizado separadamente na fase de desenvolvimento do projeto e na fase de execução e depende de projeto para projeto. Na verdade, o plano de segurança não é concebido durante a fase de projeto, como descrito na (Directiva 92/57/CEE) e no Decreto-lei nº 273/2003, de 29 de Outubro. Normalmente, o plano de segurança só é desenvolvido na fase final do projeto, sem preocupações de integração, porque os projetistas não percebem o impacto do seu trabalho na gestão do trabalho, sobre os métodos de construção e, principalmente, sobre a segurança dos trabalhadores. Um dos principais problemas na coordenação de segurança é que o plano de segurança, através do qual se efetua o planeamento de segurança para a fase de execução, é desenvolvido durante a fase de execução suportado maioritariamente por projetos 2D. A avaliação de riscos é considerada como sendo a base para todas as tarefas de gestão de segurança, no entanto, durante a sua realização na fase de execução tem um conjunto de deficiências, tais como, por exemplo (Zhang et al. 2015):

- Baseia-se na experiência dos engenheiros/coordenadores de segurança para identificar os pontos menos seguros;
- Muitos dos problemas de segurança são “dados adquiridos”, sendo muitos omissos no planeamento da construção;
- A dinâmica do projeto de construção implica mudanças sucessivas nas medidas de segurança, pelo que se tem que controlar simultaneamente as atividades produtivas e as medidas de segurança;

- O tempo de construção está intrinsecamente ligado a fatores externos à construção, tais como o clima, a cadeia de fornecimento de produtos e de mão-de-obra, o que leva a alterações do cronograma e por consequência do plano de segurança; as alterações e atualizações, de cada vez que se efetuam, tornam-se morosas e dispendiosas;
- “Pequenos perigos”, como uma abertura de 20 cm<sup>2</sup>, são difíceis de observar em desenhos 2D e passam despercebidos.

Dada a divisão que ainda existe entre a fase de projeto e a fase de execução, a abordagem da segurança, não consiste apenas numa boa colaboração entre o intervenientes, mas também no desenvolvimento de práticas de “*design for safety*” e “*Prevention through Design*” (Ku & Mills 2008).

Com o aumento da complexidade dos projetos, novos métodos de construção e de conceção têm emergido. Uma dessas tecnologias é a metodologia *Building Information Modeling* (BIM), que consiste num processo de geração e gestão de toda a informação referente ao edifício na fase de conceção, de construção e durante todo o seu período de vida útil. Esta metodologia utiliza modelos 3D que contêm toda a informação sobre geometria, relações espaciais, processos construtivos, quantidades e propriedades dos materiais necessários (Eastman 1975);(Bazjanac 2004);(Fontes 2010);(Eastman et al. 2011). Através da ligação entre o modelo 3D e o planeamento da obra será mais fácil detetar riscos e proceder à sua prevenção (Zhang et al. 2013).

## 1.2. Objetivos e Metodologia

A presente dissertação pretende mostrar como a metodologia BIM facilita a integração de medidas de segurança, através de um processo automático de deteção e eliminação de perigos e riscos (baseado na dimensão 4D BIM - planeamento), suportado pela informação do modelo 3D criado na fase de projeto e que será permanentemente alterado durante a fase de execução.

O objetivo principal é desenvolver uma “abordagem” (*framework*) de um *rule-checker* baseado no modelo BIM, para a fase de projeto sustentado pelas medidas de segurança estabelecidas nos requisitos legais de segurança e nas boas práticas. O *rule-checker* permite verificar se as regras estabelecidas nas normas de segurança são interpretadas e usadas como uma verificação do modelo de construção desde a fase de projeto. Pretende-se que constitua um

suporte para os projetistas, engenheiros, coordenadores e técnicos de segurança, durante a fase de projeto contribuindo para a minimização de erros e perigos causados pelas soluções adotadas nesta fase.

Para se atingir este objetivo na primeira fase foi feita uma revisão bibliográfica para obtenção de conhecimento sobre a metodologia BIM, a prevenção de riscos na fase de projeto e a legislação em vigor, para ter conhecimento sobre as regras que podem ser interpretadas.

Numa segunda fase procedeu-se a uma filtragem da legislação que pode ser utilizada no *rule-checker*, com incidência principal no que respeita aos riscos de queda em altura, aberturas e escavações.

A fase seguinte envolveu a modelação da fase de estruturas de um edifício, bem como a modelação dos equipamentos de segurança coletiva previstos para evitar aquele risco.

Por último procedeu-se à simulação da construção do edifício e das estruturas temporárias de segurança, e também à formalização das regras e boas práticas para o *rule-checker*.

### **1.3. Organização e estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos.

O primeiro enquadra e justifica o tema, apresenta os objetivos e metodologia aplicada. No capítulo dois representa-se a revisão bibliográfica efetuada sobre a metodologia BIM, os seus conceitos e relações, e a sua aplicação na prevenção de riscos na fase de projeto.

O capítulo três apresenta o conceito *rule-checker*, e a proposta de criação de um *framework* para a sua implementação. É explicada a formalização das regras que se pretendem implementar no projeto objeto de estudo, para a elaboração de um sistema de *rule-checker*.

O capítulo 4 descreve o caso de estudo, no qual é modelado o projeto da estrutura de um edifício de um centro de radioterapia, e componentes dos sistemas de segurança que seriam detetadas pelo sistema *rule-checker* para evitarem o risco de queda em altura, através da bordadura de lajes e de aberturas em lajes.

No último capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação e indicam-se propostas de trabalhos a desenvolver no futuro.



# Capítulo 2

---

BIM – *Building Information Modeling*



## 2. Building Information Modeling

### 2.1. Enquadramento

A aplicação da metodologia *Building Information Modeling* (BIM) tem vindo a crescer nas áreas de projeto da arquitetura e engenharia, áreas de modelação tecnológica englobando um conjunto associado de processos de produção, comunicação e análise de modelos construtivos. De acordo com a (ISO 29481-1:2010), BIM é uma “representação digital partilhada de características físicas e funcionais de qualquer objeto construído (incluindo edifícios, pontes, estradas, etc.) que constitui uma base fiável para a tomada de decisões”. O BIM permite que um edifício possa ser representado por objetos inteligentes que integram a informação detalhada que lhes é inerente e que também incluem a sua relação com outros objetos no modelo de construção. Esta metodologia permite a criação de modelos 3D digitais de edifícios com informações agregadas desde a conceção até à fase de construção e operação, que incluem a representação digital das características físicas e funcionais de um projeto de construção (Figura 1).

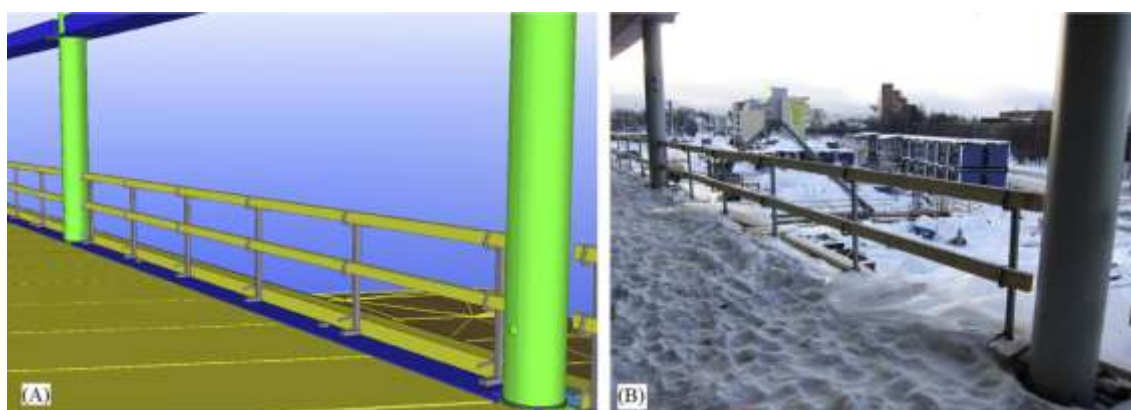
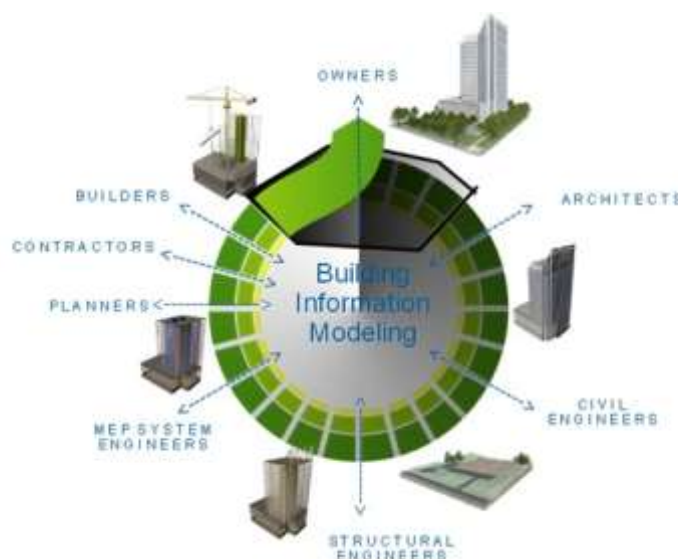


Figura 1 – Representação 3D BIM (A) e a representação real (B) (Zhang et al. 2015)

Portanto, é mais do que apenas um modelo virtual 3D, é um repositório de objetos pertencentes a um edifício com atributos e relações, tornando-se assim um veículo eficaz para um projeto automatizado de tomada de decisão em todas as fases do seu ciclo de vida. Para os profissionais envolvidos no projeto, a metodologia BIM permite que a informação circule e chegue rapidamente a todos os intervenientes desde a equipa de projeto até à de construção, ao dono de obra e aos consumidores finais. Em cada fase do ciclo de vida da edificação

cada profissional acrescenta informação/conhecimento específico no mesmo modelo, o que reduz eficazmente as perdas de informação e de tempo (Figura 2).



**Figura 2 – Metodologia BIM num projeto de construção (Oliver 2011)**

O BIM pode assim ser usado para conter a informação referente a todo o ciclo de vida do edifício incluindo os processos de gestão de projetos, de gestão de custos e de gestão de obra, (Chowdhury 2015).

A análise de casos bem-sucedidos de implementação da metodologia BIM tem evidenciado a dependência de alguns fatores tais como a natureza e o estado das organizações, candidaturas, ferramentas informáticas, equipas de projeto, e modelos de negócios (Tsai et al. 2014). A conceção do BIM foi estabelecida com base em seis-áreas chave:

- Organizações
- Candidaturas
- Ferramentas informáticas
- Equipas de projeto
- Processos
- Modelos de negócios

O objetivo da plataforma de trabalho gerada pela metodologia BIM é incorporar todos os dados referentes ao projeto, gerados pela obra e otimizar a sua utilização. A troca de dados digitais de um projeto de construção pode substituir a tradicional troca de dados físicos entre os diferentes intervenientes do projeto, facilitando e acelerando a troca de informação, permitindo a redução de

erros e consequentemente de custos desde a fase inicial do projeto até à sua conclusão (Witicovski et al. 2009).

É primordial entender que o BIM não é um *software* específico, nem um modelo 3D, tratando-se sim de uma forma de comunicação entre diferentes intervenientes no ciclo de vida de um edifício ou edificação, realizando-se através de softwares de diferentes áreas.

Esta metodologia permite a tomada de decisões mais seguras, com o mínimo de erros e colisões entre as diversas especialidades de um projeto, por parte dos seus intervenientes, devido à comunicação aberta e intercâmbio de dados, ao fácil acesso aos requisitos de conceção e desempenho, proporcionados pelo BIM. O uso do BIM faculta assim alcançar a qualidade total do projeto (Chen & Luo 2014).

Os modelos 3D BIM servem ainda de suporte para a análise de custos e do planeamento da construção, incluindo os recursos e a respetiva gestão através da qual os processos de mudança são registados e avaliados. Esta metodologia permite ainda a análise profunda de conflitos e de deteção de colisões entre diferentes especialidades. No entanto, os modelos atuais não contêm informação relativa à análise de segurança ocupacional (Hu & Zhang 2011).

As principais dificuldades apontadas para o uso do BIM, são o elevado custo dos *softwares* necessários, e a dificuldade em encontrar profissionais especializados em BIM (Carter 2013).

## 2.2. nD BIM

Atualmente considera-se que o desenvolvimento de projetos em 2D dificilmente responde ao aumento da sua complexidade pelo que o *Building Information Modeling* tem vindo a ser cada vez mais implementado na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Representa o desenvolvimento e uso de várias dimensões (nD), desde a conceção (3D), construção (simulação de planeamento - 4D), estimativa de custos (5D), sustentabilidade e desempenho energético (6D), e gestão de ativos (*facility management* -7D). Ao nível da gestão na fase pós-construção, permite monitorizar a gestão da manutenção e melhorar o processamento dos dados que são criado/mantidos pelo BIM (*i.e.* requisitos operacionais, informações de manutenção e de

segurança), é também um método fiável e automatizado, para simular o planeamento, permitindo visualizar e identificar possíveis erros de construção ou problemas operacionais (Alexiadi & Potsioy 2012).

Muitos termos relacionados com o BIM foram adotados por investigadores, tais como *virtual design and construction* (VDC) e em modelos multidimensionais (nD).

Um modelo BIM é diferente dum modelo 3D CAD (*Computer-Aided Design*), dado que estes apenas descrevem o projeto, através de vistas independentes, como plantas, cortes e elevações. Se um destes elementos for alterado, os outros têm de ser atualizados manualmente, em conformidade, além de que os elementos são entidades gráficas, ao contrário dos modelos BIM em que os seus elementos contêm informação, são “objetos inteligentes”. Outra grande vantagem do BIM, além do facto de qualquer alteração introduzida no modelo ser automaticamente atualizada em todas as peças do projeto, é que essa informação é de fácil acesso a qualquer parte interessada, tornando o processo mais rápido e mais *user friendly*.

Quanto à realidade virtual, esta ferramenta fornece ao utilizador uma experiência de simulação do projeto final, apenas sob o ponto de vista visual, não tendo qualquer interesse para a parte técnica do projeto.

A VDC é um termo que tem evoluído na indústria da construção para clarificar e explicar o uso de ferramentas BIM durante o ciclo de vida de um projeto (Ding et al. 2014).

A Tabela 1 apresenta os domínios de aplicação destas ferramentas informáticas relativamente à metodologia BIM, bem como indica as principais designações utilizadas (Ding et al. 2014).

**Tabela 1 – Designações campos de aplicação de ferramentas informáticas e do BIM, adaptado (Ding et al. 2014)**

Termos	Informação que pode ser retirada de elementos 3D	Revisão de projeto	Simulação de desempenho	Simulação virtual do processo de construção	Gestão de restrições do estaleiro	Operações de Instalações
3D CAD		❖				
Realidade virtual				❖	❖	
4D Modeling	❖			❖	❖	
VDC	❖	❖	❖	❖	❖	
nD Modeling	❖	❖	❖	❖	❖	❖
BIM	❖	❖	❖	❖	❖	❖

As diversas dimensões (nD) que os modelos BIM podem apresentar são uma ampliação do modelo da construção que incorpora novas informações para cada estágio da edificação (Biotto et al. 2012).

O modelo pode integrar informações de diferentes disciplinas, tais como análise de valor, construtibilidade, sustentabilidade, disposição do estaleiro e gestão de instalações.

Várias ferramentas informáticas foram desenvolvidas para atingir todas as dimensões BIM (3D, 4D, 5D, 6D, 7D) (Figura 3). Apesar disso, no âmbito da gestão da construção não há uma preocupação com a realização de uma *framework* para um projeto de construção em geral, incluindo dentro do modelo 3D e no planeamento da construção (4D), a prevenção de riscos e o planeamento da segurança.

Durante o desenvolvimento desta dissertação ir-se-á abordar com especial atenção o Modelo 4D BIM, modelos tridimensionais ligados ao planeamento da construção. O planeamento da construção é ligado ao modelo 3D, possibilitando a observação da construção por etapas e o respetivo cronograma, que é utilizado principalmente como ferramenta visual, contendo informações espaciais, de recursos e de produtividade. No entanto, atualmente,

os modelos BIM têm algumas lacunas, tais como não conterem para um projeto de construção, as estruturas temporárias e os sistemas de segurança, sendo por isso o objetivo principal desta dissertação a introdução destes elementos no modelo, e proceder à sua monitorização desde a sua instalação até à sua remoção.



Figura 3 – Várias abordagens BIM (Eastman et al. 2011)

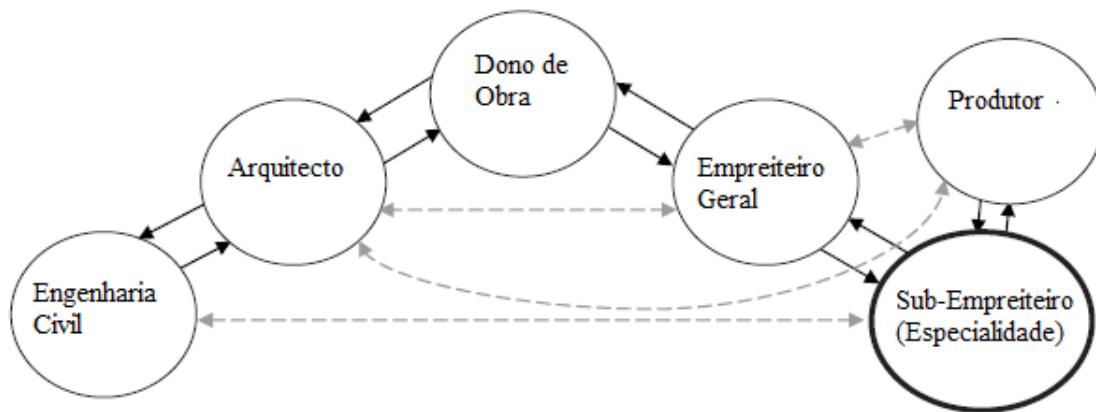
Concluindo o BIM permite visualizar todo o projeto antes da sua conclusão e durante o seu ciclo de vida, tornando o processo transparente e mais cómodo para todos os intervenientes. Segundo Hamil (2014) “adotar o BIM deverá ser mais fácil para empresas mais pequenas. As organizações menores têm mais agilidade, ao passo que as grandes organizações não o tenham. A analogia – é mais fácil para uma lancha mudar de direção ou um transatlântico? É frequentemente usada nesta temática. É argumentado que o BIM oferece a oportunidade para um número menor de pessoas que estão a desenvolver um projeto conseguirem extrair um valor maior para o projeto e para a empresa.

### 2.3. Integração BIM

À medida que os projetos de construção se tornam mais complexos, os participantes do projeto diversificam-se em diferentes áreas de conhecimento o que requer comunicação, colaboração e coordenação entre eles.



Embora existam esforços para a interligação entre os elementos e equipas, regra geral, as equipas de projeto de arquitetura e engenharia trabalham isoladas das equipas de construção e de equipas de especialidades (Figura 4). As novas tecnologias podem ter o poder de mudar esta estrutura organizacional e funcional, mas ainda não existe uma compreensão total do que pode ser feito (Dossick & Neff 2010).



**Figura 4 – Relações entre intervenientes, adaptado (Dossick & Neff 2010)**

As divisões organizacionais e culturais entre projetistas, construtores, empreiteiro e subempreiteiros podem impedir o trabalho colaborativo e a resolução de problemas em conjunto, quer seja um projeto simples, ou um projeto mais complexo, em que o conhecimento especializado se torna necessário.

O BIM pode assim facilitar estas relações, e simplificar a difusão da comunicação.

É imperativo assumir responsabilidades, adotar um modelo que relaciona todos os deveres e obrigações dos intervenientes no “mundo” BIM.

Tendo esta informação em conta, e o objetivo desta dissertação, ir-se-á sintetizar na Tabela 2 as funções e responsabilidades do dono de obra, da equipa projetista, do empreiteiro e do estado (entidade legisladora), para se conseguir implementar um processo construtivo baseado em BIM (Picotês 2010):

Tabela 2 – Recomendações para a implementação do BIM (Picotês 2010)

Intervenientes	Recomendações
<b>Dono de Obra</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Desenvolver uma estrutura com as informações necessárias ao projeto que devem ser ajustadas para os sistemas BIM;</li><li>▪ Promover a aplicação de ferramentas BIM na fase de Projeto;</li><li>▪ Acompanhar o desenvolvimento e aplicação dos modelos de informação, verificar a disponibilidade dos <i>softwares</i> e aumentar a sua fiabilidade;</li><li>▪ Desenvolver sistemas de gestão dos serviços, promovendo a correta definição e armazenamento e troca de informação;</li><li>▪ Desenvolver a interoperabilidade de sistemas.</li></ul>
<b>Equipa Projetista</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ser o elemento principal de ligação com o dono de Obra;</li><li>▪ Estabelecer parâmetros de monitorização e programação;</li><li>▪ Definir o grau de especificidade necessária para o projeto, e escolher o melhor <i>software</i> para as suas necessidades;</li><li>▪ Apresentar todos os documentos técnicos necessários e elementos para facilitar os intervenientes que vão continuar a execução/materialização do projeto;</li><li>▪ Utilizar sempre que possível ferramentas BIM em todos os processos em que possam ser aplicados independentemente da sua complexidade;</li><li>▪ Desenvolver um plano de integração a longo prazo dos sistemas BIM na organização.</li></ul>
<b>Empreiteiro</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Manter sempre a equipa projetista atualizada sobre eventuais alterações necessárias ao projeto;</li><li>▪ Promover uma linguagem adequada em obra para uma correta troca de informação entre os intervenientes através do BIM.</li></ul>
<b>Entidade Legisladora</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Estabelecer um padrão de trabalho para todos;</li><li>▪ Produzir conteúdos num formato compatível no processo de licenciamento (formalização da informação gerada).</li></ul>

O Dono da obra, a pessoa singular ou coletiva por conta de quem a obra é realizada, ou o concessionário da obra executada com base em contrato de concessão de obra pública, tem grande responsabilidade no que diz respeito à gestão de um sistema de informação. Tem o dever e a influência para mudar as práticas correntes utilizadas.

A equipa projetista assume um papel fundamental na implantação correta do BIM, são os intervenientes que mais interagem com o sistema e os que mais frutos podem colher.

O Estado, como entidade legisladora tem a responsabilidade de impulsionar o desenvolvimento do setor da construção, tão importante para a economia. Apresenta-se como exemplo a atuação do governo do Reino-Unido, que em 2016 quer que a metodologia BIM seja de utilização obrigatória em todos os projetos públicos ou privados. Segundo Watts (2012), os principais fatores que condicionaram a introdução desta obrigatoriedade foram o facto de o BIM contribuir para:

- Reduzir custos de ativos e alcançar maior eficiência operacional;
- Facilitar uma maior eficiência e eficácia de toda a indústria da construção;
- Auxiliar na criação de um setor de futuro sobre a qual se podem basear as ambições de crescimento.

#### **2.4. Softwares de Modelação**






Como referido anteriormente, ainda se confunde BIM com um programa e não com um conceito ou metodologia. Atualmente existem vários tipos de *software* com os quais se pode aplicar o BIM (Tabela 3), nas várias fases e especialidades de projeto, sendo que a sua escolha não é fácil, pois tem-se que ter em conta vários aspetos (enGenium2.0 2011):

- Esforço e tempo para dominar a ferramenta informática;
- Investimento financeiro e compromisso para o futuro;
- Interoperabilidade entre os *softwares*

De acordo com os objetivos da tese, e sobretudo na modelação de elementos estruturais e temporários, dentro do número de plataformas BIM existentes no mercado, vários pré-requisitos funcionais foram abordados para permitir o planeamento da segurança (Zhang et al. 2015):

1. Modelação – a segurança na construção não é apenas gerir e controlar o comportamento dos trabalhadores, também envolve a conceção instalação e remoção de equipamento de segurança temporária. Também é necessário projetar e modelar, quantificar e visualizar esses objetos.
2. Planeamento e simulação – é essencial conseguir-se visualizar o progresso da construção de acordo com o agendamento e promover a segurança de comunicação. A fim de detetar e prevenir os riscos de segurança antes e durante o processo de construção, o cronograma precisa de estar interligado à modelação BIM.
3. Disposição de elementos e visualização – tendo em conta a importância da logística de construção e da sua dinâmica é importante a nível de segurança ter conhecimento das características da envolvente do edifício. A capacidade de modelagem e visualização pode apoiar a análise detalhada e precisa da logística local, aumentando a produtividade, e melhorando a segurança no local de trabalho.

Tabela 3 – *Softwares disponíveis no mercado, adaptado (Antunes 2013)*

Fabricante	Softwares
 <b>AUTODESK</b>	Revit Naviswork
 <b>GRAPHISOFT</b>	Archicad
 <b>TEKLA</b>	Structures
 <b>VICO</b> SOFTWARE Integrating Construction	Office
 <b>SOLIBRI</b>	Model Checker

Procedeu-se à análise das características e potencialidades de vários *softwares* tendo a escolha recaído sobre os *softwares* da empresa Autodesk (Tabela 4), para a modelação e simulação, não só por ter mais representatividade em Portugal, mas também devido ao facto de serem do

mesmo fabricante e ser necessário que os mesmos apresentem 100% de comunicação entre si.

Tabela 4 – Comparação entre a aplicação de *softwares*, adaptado (Zhang et al. 2015)

Aplicação	Funcionalidade					Rule-checking
	Planeamento	Simulação	Modelação elementos	Modelação envolvente	IFC	
<i>Revit</i>			✓	✓		
<i>Naviswork</i>	✓	✓				
<i>Structures</i>	✓	✓	✓			
<i>Model</i>					✓	✓
<i>Scheker</i>						

#### 2.4.1. Autodesk Revit

O Revit é um *software* de projeto de construção, desenvolvido especificamente para o BIM, inclui funcionalidades para o projeto de arquitetura, MEP (*Mechanical, electrical, and plumbing services*) e engenharia de estruturas e construção (Autodesk 2015b). O revit cria modelos 3D parametrizados consistentes e rigorosos, correspondentes a elementos construtivos (paredes, lajes, portas, pilares, etc.) não criando apenas desenhos baseados em linhas ou volumes abstratos, como na tecnologia CAD. A partir do modelo 3D inteligente, podem ser extraídas todas as peças desenhadas necessárias (plantas, cortes e alçados) que serão automaticamente atualizadas sempre que esse modelo sofra alterações.

Para além disso a existência de um modelo 3D permite uma melhor avaliação dos volumes e dos espaços por parte dos projetistas, o que facilita a análise de soluções alternativas e permite uma melhor comunicação do projeto entre todos os intervenientes (equipa técnica, clientes, autoridades licenciadoras, entidades executantes) (Garcia 2012).

O Revit apresenta uma interface intuitiva e simplificada, com detetor de erro e omissões. Possui ainda outra grande vantagem, a interligação e comunicação que permite que todos os elementos da equipa de projeto de diferentes áreas trabalhem de forma mais rápida e eficiente (Revit 2010).

#### **2.4.2. Autodesk Naviswork**

O Navisworks é um *software* de análise de projeto que consegue interligar modelos 3D com o respetivo planeamentos, através de um interface que permite importar ficheiros de desenho, folhas de cálculo e de planeamento, isto é, com este programa é possível importar o ficheiro CAD, os ficheiros EXCEL e o planeamento efetuado em MS Project de um projeto e combiná-los numa única plataforma de trabalho (Autodesk 2015a).

O Autodesk Navisworks permite ao utilizador definir tarefas diretamente na interface do programa e fazer a ligação das tarefas às componentes do edifício correspondentes. Todas as tarefas podem ser definidas diretamente no Naviswork Manager ou importadas do Primavera ou do MS Project. O programa apresenta graficamente a calendarização do projeto na forma de gráficos de Gantt, permitindo ao planeador facilmente, verificar se existem zonas de conflitos entre tarefas e quais são as zonas críticas. Já numa fase de controlo o programa permite ao utilizador fazer uma comparação entre o planeamento inicial de cada tarefa e o seu desenvolvimento real, sendo assim possível ajustar tarefas futuras de modo a compensar eventuais atrasos (Navisworks 2014).

O interface de simulação também disponibiliza dados como as datas, semanas, sequência de construção, materiais, custo da mão-de-obra e equipamentos e a percentagem de conclusão da tarefa. O modelo 4D criado pelo programa mostra as fases de projeto e a logística de obra de uma forma prática, ao longo das várias fases do projeto.

#### **2.5. Prevenção de riscos através do BIM**

A Gestão da Construção lida com diferentes problemas como a viabilidade e a interoperabilidade de desenhos de conceção/documentos e métodos de construção/ especificações, estimativa de custos pormenorizada e específica com base num mapa de quantidades preciso, problemas de construtibilidade e um cronograma detalhado e gestão de diversos riscos, incluindo os relacionados com a segurança ocupacional. Normalmente esta gestão é afetada pela falta de especificidade e de detalhe das peças de projeto e pela incompatibilidade entre o planeamento e os processos construtivos.

Todo o processo de planeamento da construção deve começar na fase inicial da conceção com uma visão ampla e integrada, pois uma decisão incorreta de projeto influencia custos, planeamento, segurança, durabilidade, gestão das instalações, e qualquer decisão tomada na fase inicial do ciclo de vida do projeto tem maior influência (positiva ou negativa), do que as decisões tomadas em fases posteriores ou durante a fase de construção. De acordo com (Potts 2008) a fase de projeto, desde o seu primeiro momento, é o momento ideal para influenciar os resultados da construção. A Figura 5 mostra que estudos conduzidos nas fases iniciais do projeto têm mais eficácia do que os realizados mais tarde. Isto justifica-se porque a oportunidade e facilidade de fazer mudanças é reduzida progressivamente à medida que o projeto avança, e o custo também aumenta na mesma direção. Da mesma forma de acordo com (Kamardeen 2010) e de acordo com a curva tempo-influência formulada por (Szymberski 1997), a oportunidade ideal para influenciar a segurança da construção é durante a fase de projeto (Figura 6).

Assim, a capacidade de influenciar a segurança na construção diminui à medida que o projeto avança, por essa razão, é necessário abordar a segurança em estágios iniciais, sendo a *Prevention Trough Design* (PTD) essencial para a eliminação e/ou minimizar dos perigos e consequentes riscos. Por definição PTD significa "a abordagem das necessidades de segurança e saúde no trabalho na fase de projeto para evitar ou minimizar os perigos e riscos relacionados com o trabalho associados à construção, fabrico, utilização, manutenção de instalações, materiais e equipamentos" (Manuele 2007). Os Arquitetos não têm percepção da importância e impacto das suas escolhas arquitetónicas em termos construtivos, de planeamento e de segurança (Zhang et al. 2011). Consequentemente é essencial desenvolver competências e qualificações em termos de capacidade, oportunidade e motivação. Assim, projetistas mais qualificados, com mais conhecimentos e apoio tecnológico, aumentam a qualidade do planeamento de segurança. Se são capazes de detetar perigos, os engenheiros mudam o seu foco para a resolução de problemas e não em encontrá-los (Melzner et al. 2013).

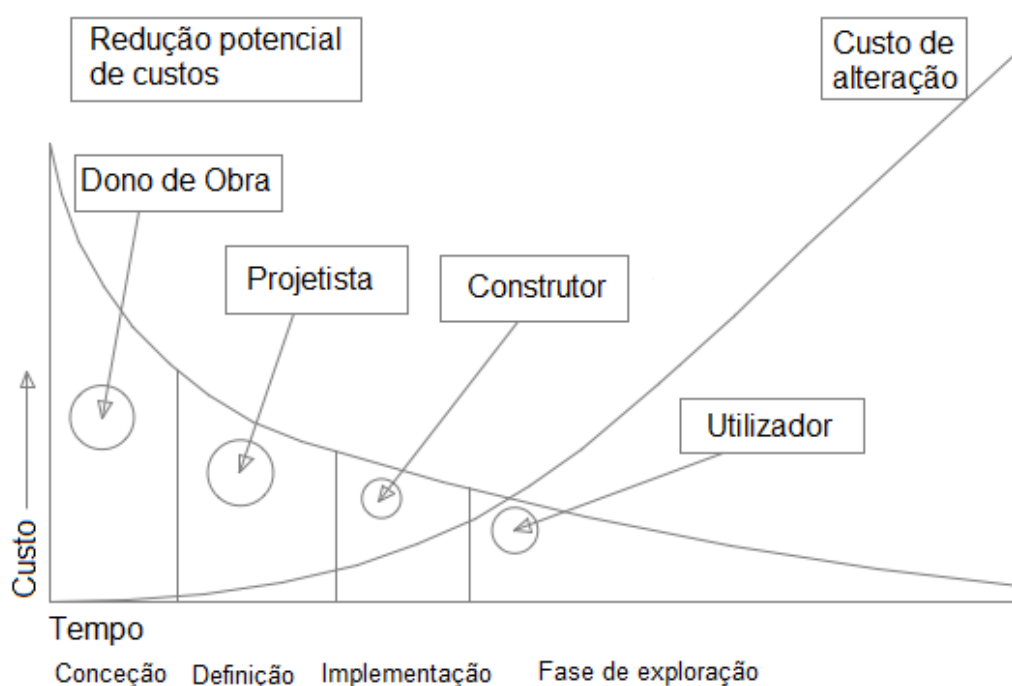


Figura 5 – Impacto dos Intervenientes no custo do projeto, adaptado (Potts 2008)

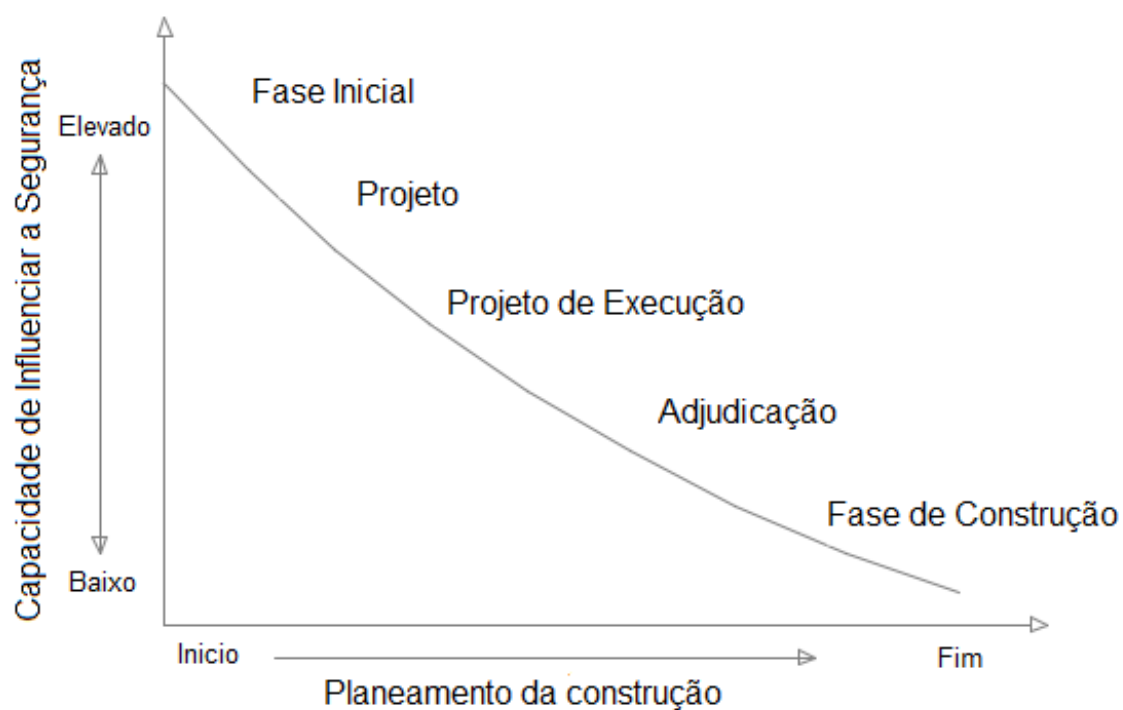


Figura 6 – Planeamento do projeto vs. Influência da segurança, adaptado (Kamardeen 2010),(Szymberski 1997)



A dinâmica e permanente transformação e evolução das obras de construção no tempo e no espaço fazem com que tenham características muito diferentes das da indústria de transformação. Estas características específicas levam a maiores dificuldades no planejamento e na execução de boas práticas de segurança, que são diferentes para cada projeto e para local de construção de acordo com as suas singularidades e restrições locais.

Com o desenvolvimento da metodologia BIM é possível integrar e desenvolver verificações automáticas de segurança (*rule-checker*), desenvolvidas através de metodologias computacionais criadas através da interpretação das normas legais e técnicas fundamentais para a *Prevention through Design*, tema que será aprofundado no capítulo seguinte.



# Capítulo 3

---

*Framework rule-checker* baseado em BIM



### 3. Framework rule-checker baseado em BIM

#### 3.1. Gestão na Construção e Segurança e Saúde no Trabalho

A segurança pode ser definida como uma garantia organizacional, em que um nível de segurança aceitável será garantido, durante um processo específico ou durante um ciclo de vida de um projeto. As empresas de construção são caracterizadas ao nível da gestão de segurança, através da sua estrutura orgânica que, dadas as características deste setor de atividade é contrária à estrutura mecânica que as empresas que possuem processos de trabalho altamente standardizado possuem. A estrutura orgânica das empresas (Figura 7), manifesta-se no seu processo, existindo normalmente um nível baixo de standardização do desempenho profissional e uma aversão às regras e processos. A dinâmica do processo de construção de um edifício, a natureza temporária dos projetos, a distância física ao centro organizacional da empresa, e a grande flutuação de trabalhadores, leva a que poucos trabalhadores recebam formação de segurança, e desenvolvam relações estáveis com os colegas e os locais de trabalho. Além disto a tomada de decisão na fase de planeamento e execução incluindo a segurança, é considerado tarefa não prioritária pelas empresas (Swuste et al. 2012).

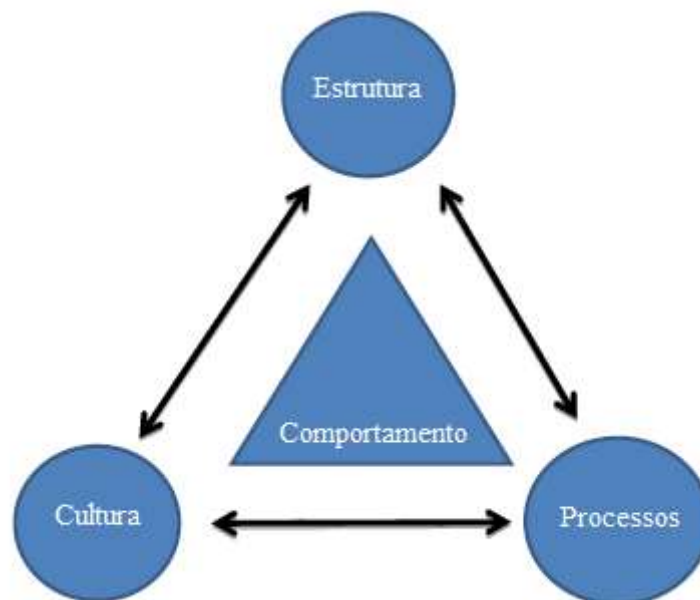


Figura 7 – Triângulo orgânico da segurança na construção, adaptado (Swuste et al. 2012)

Assim, os responsáveis pelas empresas de construção têm que ter uma visão globalizada da gestão. Tradicionalmente na indústria da construção, para um projeto, as únicas vertentes que eram abordadas eram a gestão de custos e a gestão de prazos. Com o aumento da competitividade, três importantes conceitos foram adicionados aos tradicionais, a gestão da qualidade da construção, que neste momento é imprescindível, a gestão ambiental e a gestão de segurança e saúde no trabalho. Atualmente a gestão tem de obedecer a estas cinco vertentes, tendo em conta que (Cabrito 2005):

- Tem que respeitar o orçamento acordado;
- A data de finalização do projeto tem de ser cumprida;
- O nível de qualidade tem de obedecer ao contratualizado;
- O impacto ambiental deve ser reduzido, tanto o visual (da edificação na envolvente em que está inserida), como o que respeita ao consumo de recursos e de produção de resíduos;
- A prevenção de perigos e riscos e a gestão da segurança é essencial, para evitar os acidentes de trabalho, que têm repercussão no planeamento da obra, na qualidade da mesma e na capacidade de ganho dos acidentados (implicações ao nível pessoal e social).

Resumidamente, quando se fala na qualidade de uma construção, não significa apenas zero defeitos, mas também zero acidentes, a entrega dentro do prazo, o cumprimento do orçamento inicial, a eliminação de desperdícios na conceção, na utilização de materiais, na construção e estabelecer baixos custos de utilização e de manutenção (Rodrigues 2013).

A gestão global prevê a conexão destas cinco vertentes, que trás muitas vantagens para todos os intervenientes, incluindo para a segurança e saúde no trabalho.

A Directiva 92/57/CEE do conselho de 24 de Junho, emergente da Directiva 89/391/CEE do conselho de 12 de Junho, concretiza as disposições contidas nesta ultima para os estaleiros temporários ou móveis. É também a primeira diretiva setorial que define no seu enquadramento novos princípios de atuação – prevenção integrada no ato de projetar. Nesta nova abordagem a segurança é considerada como uma função de gestão, desde o projeto da obra até ao estaleiro, uma função preventiva dinâmica que reside em identificar, avaliar e eliminar os riscos de acidentes antes do início dos trabalhos, que determina e

concretiza as medidas de prevenção ou o seu aperfeiçoamento de forma integrada no processo construtivo. Esta nova abordagem tem como principais objetivos (Rodrigues 1999):

- Levar todos os intervenientes a compreenderem o que podem lucrar com a prevenção de riscos;
- Ajudá-los a coordenarem e integrarem as medidas de prevenção, logo a reduzirem o custo dessas medidas;
- Elevar a prevenção à categoria das funções de produção;
- Atuar positivamente na organização do trabalho e na produtividade do estaleiro.

O decreto de Lei nº 273/03, de 29 de Outubro, estabelece uma nova linha de responsabilidades: o Dono de Obra aparece como o primeiro responsável, define novos intervenientes no processo da construção, os coordenadores de segurança e saúde, e estabelece os instrumentos específicos da função de coordenação: Plano de Segurança e Saúde (PSS), a Compilação Técnica (CTO) e a Comunicação Prévia (CPO).

### **3.2. Avaliação de Perigos e Riscos**

Níveis elevados de segurança e saúde no trabalho não se atingem com atuações casuísticas, mas sim através de uma intervenção integrada na gestão, que tenha em conta as componentes técnicas, a organização as relações sociais e os fatores do trabalho.

Segundo as (OHSAS 18001:2007) e a (NP 4397:2008), podem ser consideradas as seguintes definições:

- Perigo – é a propriedade ou capacidade intrínseca (física, química, biológica,...) de uma coisa (materiais, substâncias, produtos, máquinas, equipamentos, métodos e práticas de trabalho), potencialmente causadora de danos às pessoas (ferimentos, danos à saúde, morte).
- Risco – é a combinação da probabilidade da ocorrência de um evento perigoso ou exposição e a severidade do dano ou doença que pode ser causada pelo evento ou exposição.
- Avaliação de riscos – processo de avaliação de riscos com origem nos perigos, levando em consideração a adequabilidade de um controlo existente, e a decisão se o risco é ou não aceitável.

Os acidentes de trabalho são a consequência da interação, entre o homem, máquina e o ambiente. Os acidentes ocorrem na sequência da probabilidade do homem atingir a zona de perigo de uma máquina ou equipamento ou ambiente (Cabrito 2005).

A avaliação de riscos é uma análise sistemática de todos os fatores relacionados com o trabalho, que consiste em determinar o Quê? Quando? Como pode provocar danos? E quem pode ser atingido? Após a avaliação de riscos e da respetiva análise estabelecem-se as medidas preventivas ou de proteção que se podem tomar. As abordagens que se utilizam para a avaliação de riscos baseiam-se normalmente nos seguintes aspetos (Comissão Europeia 1997):

- Identificação de atividades realizadas no local de trabalho;
- Observação do meio circundante;
- Consideração das operações no local de trabalho;
- Observação de novas operações em curso;
- Consideração de fatores externos;
- Fatores psicológicos, sociais e físicos;
- Organização de trabalhos de manutenção ou de qualquer outro trabalho temporário.

Na Tabela 5 indicam-se os perigos e riscos inerentes à execução duma laje de betão armado, num nível elevado.

**Tabela 5 – Exemplo de identificação de perigos e riscos na execução de uma laje em piso elevado**

Designação do trabalho	Observações	Perigo	Riscos
Estrutura	Colocação de betão nos elementos estruturais	Trabalho em altura	Queda em altura
		Utilização da manga ou balde de betonagem	Contacto com objetos em movimento Queda de material
		Utilização de aparelhos vibratórios	Exposição ao ruído Exposição a vibrações
		Colocação de betão fresco	Contacto com produtos químicos



**Tabela 5 - Exemplo de identificação de perigos e riscos na execução de uma laje em piso elevado (cont.)**

Designação do trabalho	Observações	Perigo	Riscos
	Cofragem e descofragem	Utilização de aparelhos de corte	Contacto com equipamentos de corte
		Utilização de aparelhos de perfuração	Contacto com equipamentos perfurantes
		Trabalho em altura	Queda em altura
		Aplicação de óleo de descofragem	Contacto com produtos químicos
		Movimentação de elementos de cofragem	Queda de material
	Execução de armaduras	Utilização de aparelhos de corte	Exposição a riscos de origem mecânica
		Queda ou derrube da armadura durante a colocação em obra	Contacto com objetos em movimento
		Manuseamento de varões aço	Contacto com objetos cortantes e perfurantes
		Trabalho em altura	Queda em altura
	Colocação de peças pré-fabricadas (cocos)	Trabalho em altura	Queda em altura
		Movimentação de elementos pré-fabricados	Queda de material

### 3.3. Princípios gerais de Prevenção

Na fase de execução de uma obra grande parte dos problemas e falhas que surgem, resultam de deficiências do projeto, erros, omissões entre as suas diversas partes. Em matéria de segurança e saúde no trabalho não é diferente, especialmente, no que se refere à gestão e coordenação de trabalhos e na divisão de responsabilidade. Uma das medidas que se deve adotar na fase de projeto é a eliminação/minimização de perigos e consequentemente a eliminação/redução dos Riscos (Cabrito 2005).

No setor da construção, os projetos têm geralmente como principal interesse o produto final, remetendo-se para segundo plano as técnicas de construção, as regras de segurança, os processos de segurança e a organização de

estaleiros. Para a mudança de atuação contribuiu a Diretiva Estaleiros Temporários ou Móveis (Directiva 92/57/CEE) ao considerar que:

- Os estaleiros temporários ou móveis constituem um setor de atividade que expõe os trabalhadores a riscos particularmente elevados;
- As escolhas arquitetónicas e/ou organizacionais inadequadas ou uma má planificação dos trabalhos na elaboração do projeto da obra contribuem para mais de metade dos acidentes de trabalho nos estaleiros da Comunidade;
- Que os trabalhadores independentes e as entidades patronais, quando eles próprios exercem uma atividade profissional num estaleiro temporário ou móvel podem, em razão dessa atividade, pôr em perigo a segurança e a saúde dos trabalhadores,
- Estabelecer a obrigatoriedade de se implementar um sistema de coordenação de segurança e saúde neste setor de atividade, cujo principal objetivo é a integração da segurança na fase de projeto.

O Decreto-Lei 273/2009, de 29 de Outubro, que transpõe a diretiva referida, estabelece a nomeação por parte do dono de obra do coordenador de segurança e saúde, e que o plano de segurança e saúde deve ser elaborado na fase de projeto da obra, sendo posteriormente desenvolvido e especificado antes da execução de cada fase da obra. A Figura 8 representa a organização de um sistema de gestão de segurança no setor da construção.



Figura 8 – Sistema de gestão de segurança no setor da construção

Os princípios gerais da prevenção, presentes no artigo 6.º da Directiva 89/391/CEE, de 12 de Junho, agora contidos na Lei N.º102/2009, de 10 de Setembro, com as alterações introduzidas pela Lei N.º3/2014, de 28 de Janeiro, têm como objetivo promoverem a segurança e a saúde dos trabalhadores referentes às obrigações gerais da entidade patronal. Assim os onze princípios gerais são (Cabrito 2005), (Lei N.º3/2014):

- 1) Evitar os riscos;
- 2) Planificar a prevenção como um sistema coerente que integre a evolução técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais;
- 3) Identificação dos riscos previsíveis em todas as atividades da empresa, estabelecimento ou serviço, na conceção ou construção de instalações, de locais e processos de trabalho, assim como na seleção de equipamentos, substâncias e produtos, com vista à eliminação dos mesmos ou, quando esta seja inviável, à redução dos seus efeitos;
- 4) Integração da avaliação dos riscos para a segurança e a saúde do trabalhador no conjunto das atividades da empresa, estabelecimento ou serviço, devendo adotar as medidas adequadas de proteção;
- 5) Combate aos riscos na origem, por forma a eliminar ou reduzir a exposição e aumentar os níveis de proteção;
- 6) Assegurar, nos locais de trabalho, que as exposições aos agentes químicos, físicos e biológicos e aos fatores de risco psicossociais não constituem risco para a segurança e saúde do trabalhador;
- 7) Adaptação do trabalho ao homem, especialmente no que se refere à conceção dos postos de trabalho, à escolha de equipamentos de trabalho e aos métodos de trabalho e produção, com vista a, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho repetitivo e reduzir os riscos psicossociais;
- 8) Adaptação ao estado de evolução da técnica, bem como a novas formas de organização do trabalho;
- 9) Substituição do que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- 10) Priorização das medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;

- 11) Elaboração e divulgação de instruções compreensíveis e adequadas à atividade desenvolvida pelo trabalhador.

### **3.4. Comunicação de Segurança**

O setor da construção envolve vários e diversos participantes, desde o projeto até à fase de execução. Normalmente, durante a fase de projeto, os projetistas não pensam em soluções de segurança, só depois da fase de projeto estar concluída, para cumprir com a legislação, o plano de segurança é feito sem nenhuma integração. Depois desta fase o empreiteiro geral tem de adaptar e desenvolver o plano de segurança de acordo com os seus métodos de trabalho, *i.e.*, durante a fase de projeto não são levadas em conta as medidas de segurança específicas. Com o aumento da complexidade dos projetos, os participantes do projeto diversificam-se em diversas áreas de especialidade. Esta diversificação exige uma comunicação precisa, colaboração e coordenação entre eles, especialmente porque a organização das equipas técnicas é separada em termos de fluxos de informação, tomada de decisões e envolvimento (Dossick & Neff 2010). Assim, a comunicação desempenha um papel importante em todas as fases do projeto para a difusão e compreensão clara das opções técnicas e medidas de segurança.

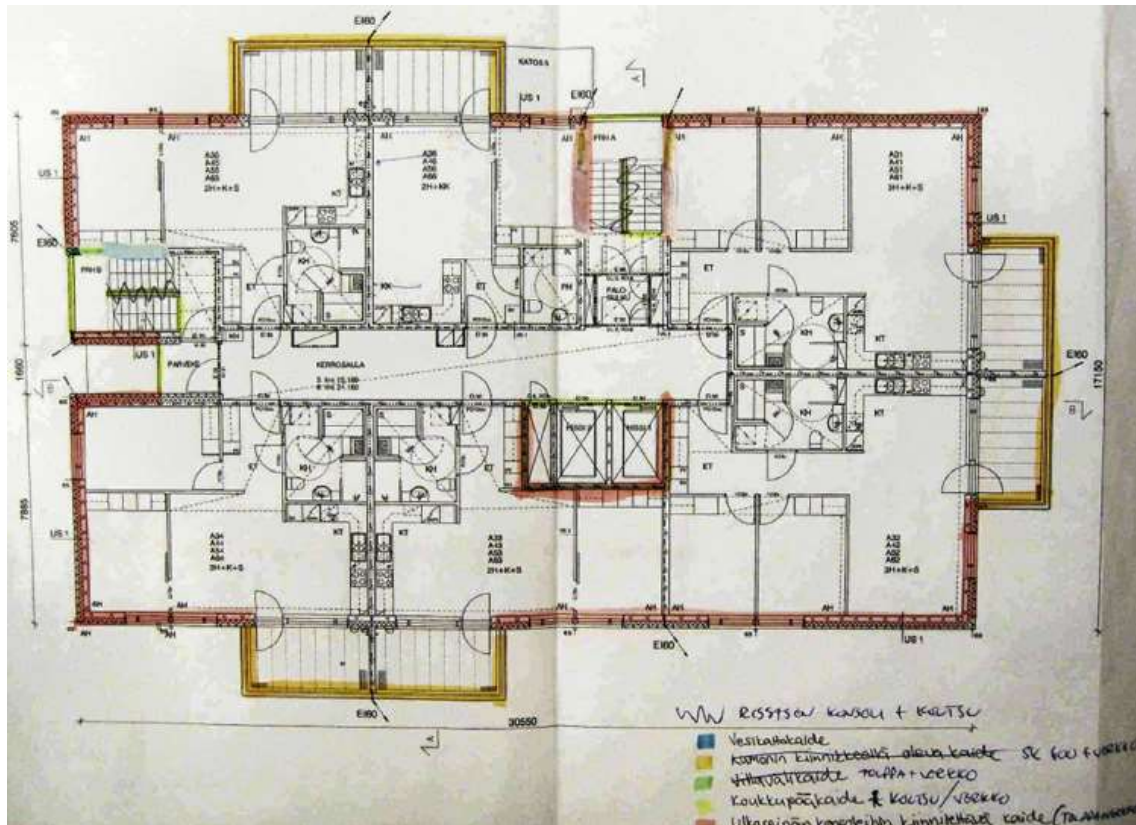
Dois outros aspetos da comunicação são: (1) a organização do trabalho, que deve ser clara, precisa e simbiótica entre diferentes equipas de trabalho que podem estar a trabalhar ao mesmo tempo e no mesmo local ou em locais diferentes. (2) A informação deve ser uma linguagem simples e compreensível passando por meios adequados. Presentemente os métodos tradicionais para fornecer informações de segurança consiste em reuniões presenciais, programação e documentos digitais e/ou impressos, tais como: listas de verificação, listas de perigos, planos de riscos elevados, entre outros.

A comunicação tende a ser unidirecional, sem debate entre os vários intervenientes do projeto, sendo absolutamente necessário alterar este procedimento e utilizar as novas tecnologias na fase de projeto, para se alcançar níveis elevados e efetivos de segurança, com base num modelo comum, integrando toda a informação, permanentemente disponível: assim surge a *BIM-based safety* (segurança baseada no BIM).

### 3.5. Rule-Checker

### 3.5.1. Necessidade de um modelo *rule-checker*

De acordo com (Zhang et al. 2013), uma das obrigações da indústria da construção é proporcionar um ambiente de segurança e saúde para todos os intervenientes. Correntemente a gestão de segurança é baseada principalmente em suportes estáticos de desenhos 2D (Figura 9), em listas de verificação, sendo a ligação entre o planeamento de segurança e a execução da tarefa ainda diminuta.



**Figura 9 – Exemplo de um plano de segurança contra quedas tradicional (Zhang et al. 2015)**

As principais razões para se apoiar a gestão da segurança neste setor, com recurso a um *rule-checker* baseado em BIM, é contribuir-se com um sistema que permite à equipa de projetistas efetuar a verificação do cumprimento de regras de segurança, contribuindo assim para a eliminação de perigos e a prevenção de riscos de forma automática na fase de projeto, diminuindo-se desta forma, a probabilidade de ocorrência de falhas durante a fase de execução e mesmo durante a fase de utilização. Outra grande vantagem da

verificação baseada em modelos 3D BIM é a economia de tempo, dado que a observação manual consome muito tempo, e consequentemente recursos humanos e financeiros (Zhang et al. 2011). Em geral o *rule-checker* baseado num modelo BIM fornece relatórios detalhados escritos e visuais em curtos intervalos de tempo. Como (Melzner et al. 2013) refere que “as ferramentas digitais são mais eficientes do que os seres humanos na aplicação da verificação do cumprimento de regras”.

Outras contribuições que o *rule-checker* pode trazer para a gestão de segurança são (Zhang 2014):

- A capacidade de eliminar perigos desde a fase inicial de projeto, a qual diminui à medida que o projeto avança;
- A oportunidade de incluir o cumprimento dos regulamentos de segurança e melhores práticas de segurança na fase de projeto;
- Introduzir uma estrutura que facilita a comunicação entre os projetistas, as entidades executantes, e os sistemas de gestão de segurança.

### **3.5.2. Abordagem baseada em Regras**

Através da conjugação da legislação e das boas práticas existentes, com os modelos 3D BIM e o planeamento, pode-se formar um sistema *rule-checker*, cuja intenção é identificar automaticamente e de forma dinâmica as situações de falhas de segurança, antes da fase de construção, identificando a sua localização no modelo virtual, e automaticamente ou interactivamente proporcionar uma solução para os perigos encontrados. A sinalização de medidas de segurança irá ajudar os coordenadores de segurança na gestão de segurança antes e durante a construção.

Segundo Zhang et al. (2013), um sistema *rule-checker* pode ser uma extensão de *software* ou um *software* que não modifica o projeto do edifício, mas avalia-o com base nas configurações dos objetos.

O processo de *rule-checker* consiste em quatro fases principais (Eastman et al. 2009) (Figura 10):

- Interpretação de regras (formalização).
- Preparação do modelo de Construção.
- Execução das regras.
- Relatório do *rule-checker*.

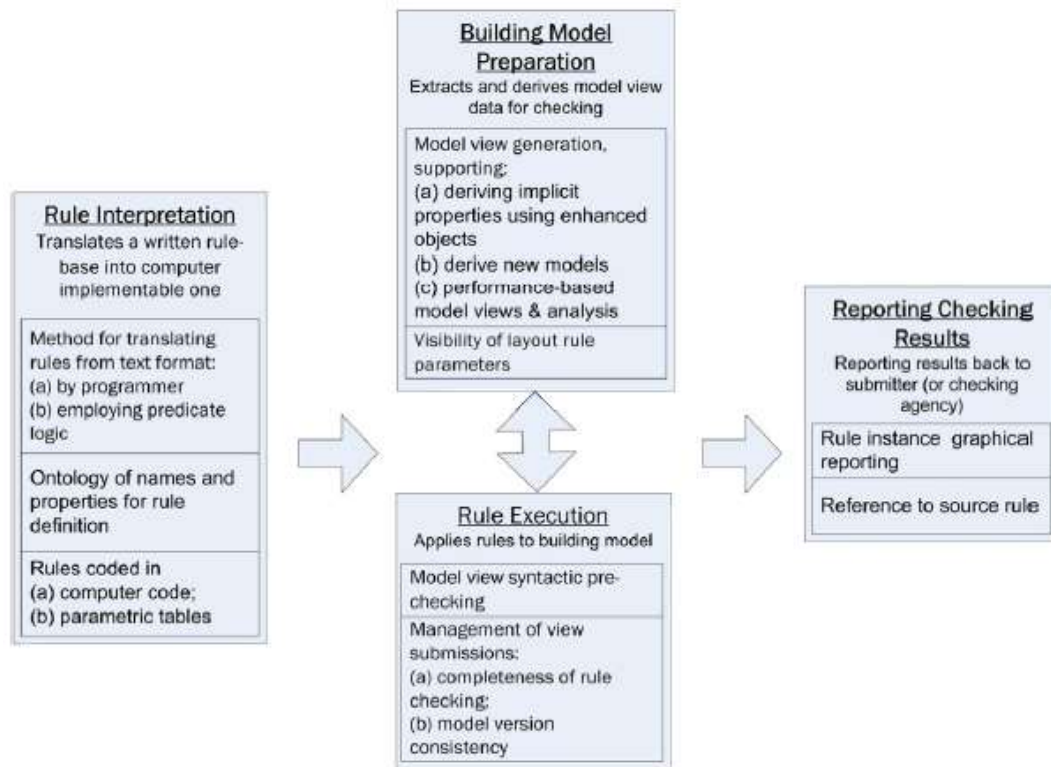


Figura 10 – As 4 fases de funcionalidades que um sistema *rule-checker* deve suportar (Eastman et al. 2009)

Como dito anteriormente, o modelo *rule-checker* pode ser implementado através de duas plataformas diferentes: de extensões de *softwares* BIM existentes, ou através de um *software* novo e específico. Atualmente não existe nenhuma destas soluções que ofereça um *rule-checker* para a verificação das regras de segurança.

- Atualmente os *softwares* existentes contêm o sistema *clash detection*, sendo no entanto diferente do que se pretende com o sistema *rule-checker* (Eastman et al. 2009), sendo necessário, para os *softwares* BIM, criar uma extensão/*plug-in* que permita verificar o modelo do edifício durante a fase de projeto, no âmbito da verificação das regras de segurança.
- Na criação de um novo *software*, deve-se ter em conta a interoperabilidade entre diferentes programas. Um dos formatos mais universais é o IFC (*Industry Foundations Classes*) que é certificado pela (ISO 16739:2013), e é usado para a partilha de dados no conceito BIM. É uma linguagem em formato aberto, e compatível com várias aplicações BIM, permitindo a padronização do processo construtivo (Ferreira et al. 2012). O IFC foi projetado para abranger todas as disciplinas, incluir toda a informação de

diferentes áreas em todo o ciclo de vida do projeto. A linguagem IFC interpreta as descrições de elementos 3D de um edifício, entre as várias aplicações de *softwares* durante o processo do projeto (Antunes 2013). Além dos elementos construtivos o IFC também representa entidades mais abstratas como horários, espaços, atividades, custos, entre outras. Um dos problemas na adoção do formato IFC é a limitada capacidade de interoperabilidade, pois em alguns casos existe uma perda considerável de informação na exportação de um modelo BIM, constituindo um obstáculo, pois um projeto contém várias especialidades, e a intervenção de diferentes empresas que utilizam *softwares* diferentes, provoca uma ineficácia na relação de interoperabilidade. O formato IFC ainda não é suficiente, não podendo por si só ser o agente da interoperabilidade (Pina 2015) (Ferreira et al. 2012).

### 3.5.3. Framework

O primeiro passo para uma abordagem de um sistema *rule-checker*, é reunir e analisar dados da construção de um edifício, incluindo a EAP (Estrutura Analítica de Projeto), o planeamento das atividades e consequentemente a determinação das quantidades de trabalho a realizar, normalmente associados a modelos 3D e 4D BIM. Ambos fornecem importantes aspetos pois definem um projeto hierarquicamente, em termos de elementos, de processos de trabalho e de conclusão de cada elemento (Zhang et al. 2013).

As atividades e a sua localização no setor da construção variam frequentemente, causando essas mudanças de tarefas potenciais perigos, pelo que se deverão aplicar regras de segurança nas tarefas de transição, por exemplo: quando a área de trabalho de um trabalhador muda, o sistema *rule-checker* deve gerar orientações e sistemas de alerta para o coordenador de segurança. Uma vez que o modelo BIM é normalmente atualizado durante a fase de projeto, de execução e de operação, o sistema *rule-checker* deve sempre “correr” quando existem alterações, para assegurar as condições de segurança. As soluções de segurança geradas devem incluir dados geométricos, de localização, de materiais, de tempo de instalação e desinstalação.



Depois do modelo ser atualizado e da reverificação da segurança o sistema é usado pelo coordenador de segurança para o planeamento normal da segurança.

A Figura 11 mostra a proposta para a elaboração do *rule-checker*.

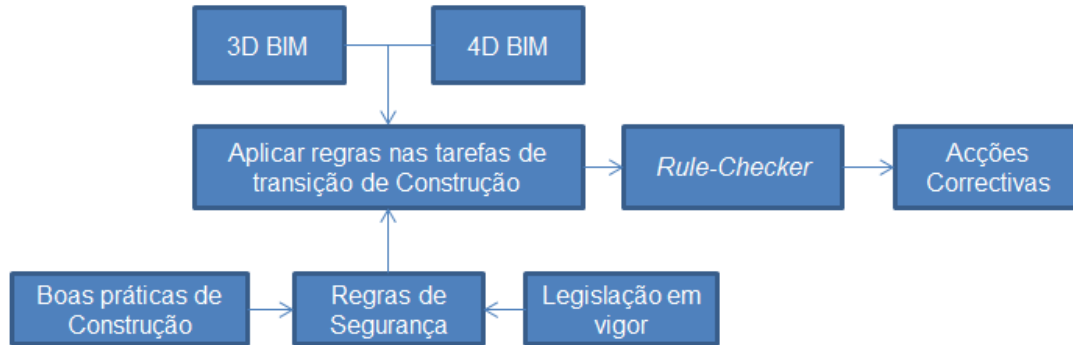


Figura 11 – Framework para um sistema *rule-checker*, adaptado (Zhang et al. 2013)

### 3.5.4. Desenvolvimento do *rule-checker*

Os modelos BIM permitem uma estreita ligação entre, o fluxo de trabalho e o fluxo contínuo de informação durante todo o ciclo de vida de um projeto. Como as medidas de segurança se alteraram de acordo com o local e as condições temporários do estaleiro, a ferramenta BIM é ideal para se efetuarem verificações de segurança automáticas.

O sistema *rule-checker* permite definir medidas de segurança padrão, e medidas de proteção que podem ser alteradas e assumidas pelo responsável pela gestão de segurança. Também pode gerar automaticamente relatórios de segurança e fichas de segurança, que na fase de execução e de utilização constituem documentos de suporte para o estabelecimento de medidas e de procedimentos de prevenção e de proteção.

Também auxilia a inspeção/fiscalização de segurança, pois podem efetuar-se as inspeções com base nos relatórios gerados pelo *rule-checker* (Zhang et al. 2013).

A implementação do sistema *rule-checker* envolve muitas trocas de informação entre a documentação de projeto e a capacidade de dedução do sistema de *software* do *rule-checker* (Eastman et al. 2009). A Figura 12 representada estrutura no desenvolvimento do *rule-checker*, baseado em modelos BIM.

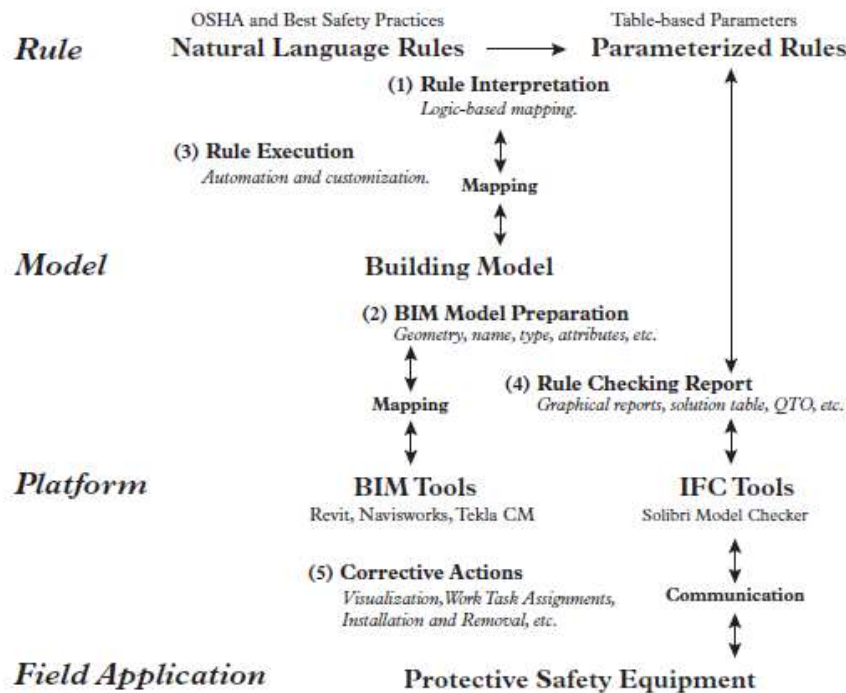


Figura 12 – Processo do rule-checker para modelos baseados em BIM (Melzner et al. 2013)

### 3.5.5. Interpretação de regras (formalização)

As regras de construção de edifícios são estabelecidas por pessoas e representadas em linguagem humana, normalmente em texto com algumas tabelas e ocasionalmente em equações (Eastman et al. 2009).

Uma das abordagens principais para fazer o levantamento das regras que podem ser formalizadas é através de condições lógicas, que permitem avaliar uma afirmação como verdadeira ou falsa (declarativas). Quando uma premissa não pode ser avaliada em toda a sua instância, *i.e.*, se a premissa contém vários aspetos e um deles não pode ser avaliado na fase de projeto, a lógica aplica-se apenas a uma instância (informativas). Na legislação em vigor as regras estão muito agrupadas, com base em muitas condições contextuais, por exemplo com base no tipo de construção, zona de implementação, e nos detalhes de construção.

A tradução das regras normalmente depende de dois aspetos:

- A condição e/ou contexto onde as regras são aplicadas.
- As propriedades sobre as quais a regra se aplica.

Um exemplo seria num primeiro passo identificar a existência dum buraco no chão, e no segundo passo seria verificar a largura, comprimento e profundidade.

As regras serão escritas em código e armazenadas internamente no sistema *rule-checker*, enquanto as condições de aplicação das regras pode ser personalizado pelo usuário (Zhang et al. 2013).

#### **3.5.5.1. Legislação aplicada a Estaleiros Temporários ou Móveis**

O desenvolvimento de vários *softwares* BIM permite o uso da verificação automática de projetos de construção. No entanto, tem que se ter em consideração que há normas de segurança que são específicos de cada país e que muitos dos requisitos dos regulamentos de segurança da construção, podem conter informação cuja tradução para verificação automática é impraticável. Assim é necessário fazer uma correta interpretação do código de verificação, não apenas por programadores do *software*, mas por engenheiros especializados/técnicos do setor da construção. Esta formalização do conhecimento (que consiste na interpretação de um conjunto de regulamentos e de os traduzir em regras que podem ser processadas por um código de programação) fornece dados importantes e necessários para assegurar o desenvolvimento do projeto em conformidades com a legislação (Malsane et al. 2015).

A formalização da regulamentação da construção, neste contexto, pode ser alcançada através das três etapas seguintes:

1. Extrair dos regulamentos as regras aplicáveis ao estudo do edifício.
2. Classificar as premissas em dados declarativos (facilmente lido por código) e dados informativos (não lido por código);
3. Decompor os dados declarativos e informativos para extrair a semântica.

No âmbito da legislação Portuguesa aplicável aos estaleiros temporários ou móveis, contempla diversos diplomas dos quais se destacam os seguintes:

- Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro - Procede à revisão da regulamentação das condições de segurança e saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, constante do Decreto-Lei n.º 155/95, de 1

Julho, mantendo as prescrições mínimas estabelecidas pela Directiva n.º 92/57/CEE de 24 Junho;

- Portaria n.º 101/96 de 3 Abril - Regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho dos estaleiros temporários ou móveis;
- Decreto-Lei n.º 50/2005 de 25 de Fevereiro - Transpõe a Directiva n.º 2001/45/CE de 27 Junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho;
- Decreto-Lei n.º 41820/58 de 11 Agosto - Relativo à segurança no trabalho da construção civil;
- Decreto-Lei n.º 41821/58 de 11 Agosto - Aprova o regulamento de segurança no trabalho da construção civil;
- Decreto 46427/65 de 10 Julho - Aprova o regulamento das instalações provisórias destinadas ao pessoal empregado nas obras.

#### **3.5.5.2. Execução da Formalização**

O objetivo da Formalização é interpretar um conjunto de legislação, convertê-lo num conjunto de regras que pode ser processado por uma aplicação informática (Malsane et al. 2015).

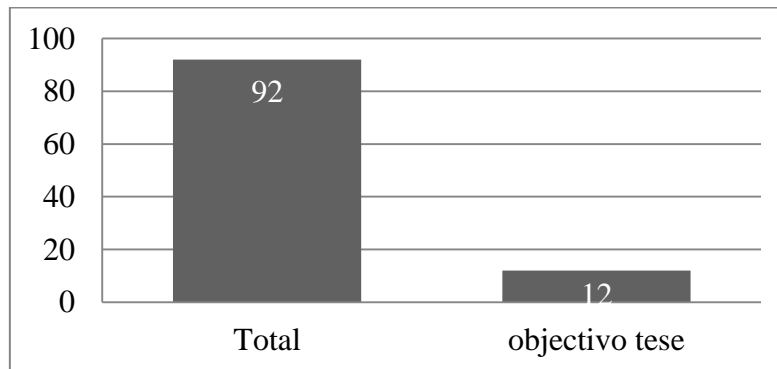
Tendo em conta o objetivo da dissertação, foi considerada a Portaria n.º 101/96, de 3 de Abril e o Decreto-Lei n.º 41821/58, de 11 Agosto, e extraídas as regras principais para os trabalhos em altura, escavações e aberturas.

A Portaria n.º 101/96, de 3 de Abril, é um documento bastante subjetivo, pois o conjunto de artigos que a compõe funciona quase como uma diretiva de boas práticas, como se exemplifica com a transposição do seu artigo n.º 11 relativo à proteção contra o risco quedas em altura:

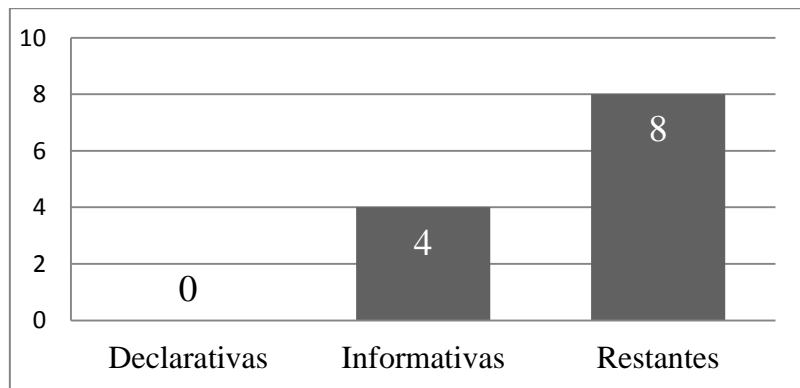
“1 – Sempre que haja risco de quedas em altura, devem ser tomadas medidas de proteções colectiva adequadas e eficazes ou, na impossibilidade destas, de proteção individual, de acordo com a legislação aplicável, nomeadamente o Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil.

2 – Quando, por razões técnicas, as medidas de proteção colectiva forem inviáveis ou ineficazes, devem ser adotadas medidas complementares de proteção individual, de acordo com a legislação aplicável.”

Como é possível verificar no texto deste artigo, dada a sua subjetividade, não é possível extrair informação suficiente para criar uma regra para uma verificação automática, necessitando-se da interpretação humana. Tendo-se analisado as cláusulas desta Portaria verificou-se que doze (do total de noventa e duas) incidem sobre os aspetos de segurança que se pretende verificar através do *rule-checker* (Figura 13), as quais foram classificadas maioritariamente em informativas (de acordo com a definição contida na Tabela 6) conforme se indica na Figura 14.



**Figura 13 – Total de cláusulas da Portaria 101/96 vs. cláusulas extraídas**

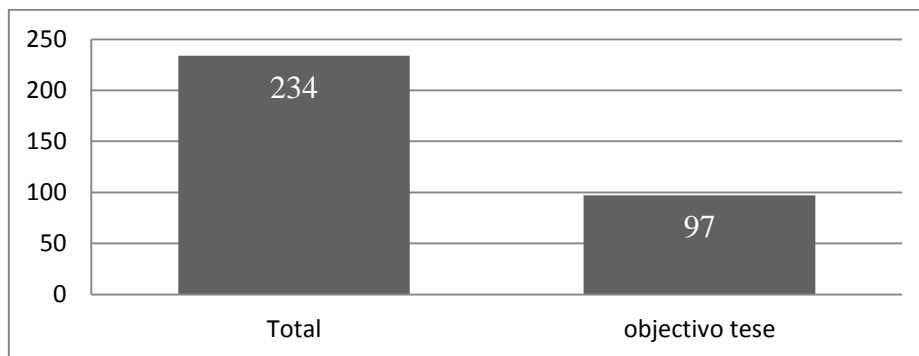


**Figura 14 – Distribuição das cláusulas nas diferentes categorias**

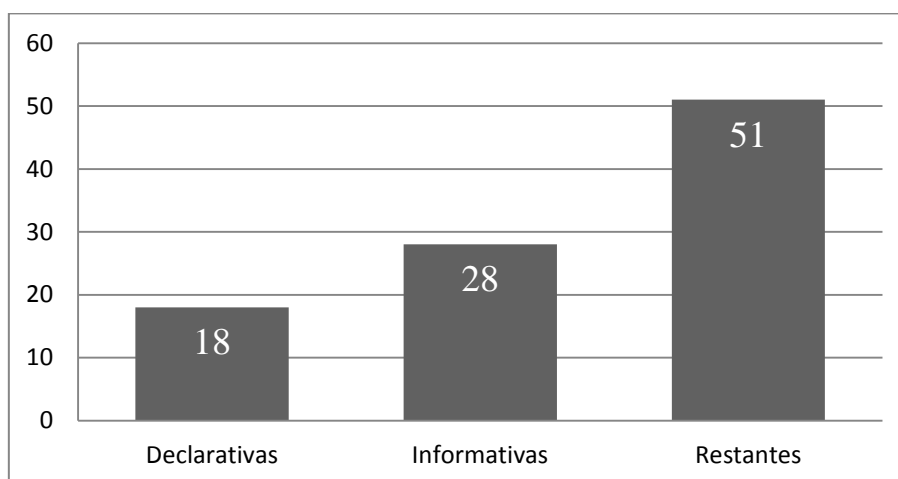
O Decreto-Lei n.º 41821/58, de 11 Agosto inclui todas as normas de segurança relativas ao trabalho de construção civil, sendo um documento mais objetivo, do qual podem ser retiradas cláusulas declarativas. Como se exemplifica com a transposição do seu artigo n.º 1 da Seção I referente à utilização de andaimes: “É obrigatório o emprego de andaimes nas obras de construção civil em que os operários tenham de trabalhar a mais de 4 m do solo ou de qualquer superfície contínua que ofereça as necessárias condições de segurança.”

Contudo, como é um regulamento antigo (com 57 anos), para uma melhor formalização e utilização de modelos BIM, deveria ser revisto e atualizado. Para o desenvolvimento do *rule-checker* foram retiradas cláusulas referentes ao Título I (Andaimes, plataformas suspensas, passadiços, pranchadas e escadas), ao Título II (Aberturas e sua proteção), ao Título V (Escavações), de acordo com os objetivos a atingir.

Relativamente a este diploma foram identificadas 97 cláusulas referentes aos aspetos que se pretendem verificar (Figura 15) as quais foram classificadas em declarativas (18), informativas (28) e em restantes (51) de acordo com a Figura 16 e a Tabela 6.



**Figura 15 – Total de cláusulas do Decreto- Lei n.º 41821/58 extraídas**



**Figura 16 – Distribuição das cláusulas nas diferentes categorias**

**Tabela 6 – Categorização das cláusulas do Decreto-Lei n.º 41821/58, de 11 Agosto pertencentes aos Títulos I,II e V**

Tipo de Cláusulas	Descrição	Cláusulas
Declarativas	Cláusula que contém informação objetiva, que pode ser traduzida para linguagem computacional, correspondendo a uma verificação de verdadeiro ou falso	1, 2, 25, 30, 36, 37, 38.1.a, 38.1.b, 38.1.c, 38.1.d, 38.2.a, 38.2.b, 40, 42, 70.2, 70.3, 74, 75.
Informativas	Cláusulas que não contêm informação óbvia, dependendo da precisão da interpretação humana	3, 4, 5.1, 5.2, 11, 16, 26, 31, 32, 41, 43, 66, 67, 68, 70.1, 76.2, 76.4, 77.a, 77.b, 77.c, 79, 80, 83.1, 84.1.a, 84.1.b, 84.1.c, 84.1.d, 85.
Restantes	Cláusulas que não são adequadas à verificação automática	6, 7.1, 7.2, 8, 9, 10.1, 10.2, 12, 13, 14, 15.1, 15.2, 15.3, 17, 18.a, 18.b, 18.c, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 69, 71.a, 71.b, 71.c, 71.d, 71.e, 72, 73, 76.a, 76.b, 76.c, 76.1, 76.3, 77.1, 77.2, 77.3, 78, 81, 82, 83.2, 83.3, 84.2.

### 3.5.6. Preparação do modelo de Construção

O primeiro requisito deste processo é a visualização correta dos elementos construtivos, que devem conter informação adequada para o sistema *rule-checker* (Eastman et al. 2009). Os objetos devem conter a tipologia e propriedades necessárias: nome, atributos, relações, forma, datas e tipo de construção. A Calendarização das atividades também precisa de estar ligada, uma vez que as medidas de proteção exigem atualização de acordo com a calendarização e com o desenvolvimento do projeto.

A estrutura espacial do edifício é tida em conta, e deve ser organizada ou por localizações ou “andares” de modo a ser mais fácil classificar as restrições para a execução da simulação e da sua análise (Zhang et al. 2013).

### 3.5.7. Execução das regras

Nesta fase, são reunidos os conjuntos de regras traduzidos com o modelo de construção. Uma vez que as regras já foram transformadas, estas são

facilmente lidas por códigos informáticos e a sua execução é direta (Zhang et al. 2013).

A execução das regras tem duas etapas: 1) verificar automaticamente o modelo para identificar situações perigosas e, 2) identificar e aplicar possíveis soluções para corrigir as condições perigosas (Melzner et al. 2013). O processo de execução da regra é repetido para identificar quaisquer novos perigos após a implementação de uma das soluções possíveis, desde o primeiro risco para a segurança identificado, até não existirem mais.

#### **3.5.8. Relatório *rule-checker***

Os resultados podem ser produzidos de diferentes maneiras: 1) no modelo, através da visualização dos equipamentos de proteção; 2) em formato de lista (Excel) das condições de insegurança e das medidas tomadas. Além disso, também podem ser extraídas as quantidades e informações necessárias para a realização do planeamento (Zhang et al. 2013).

#### **3.5.9. Correção de Segurança**

Através das plataformas BIM os métodos de prevenção e de proteção preconizados podem ser visualizados, permitindo uma melhor tomada de decisões e aumentando a consciência dos participantes no projeto. As ações corretivas principais retiradas do sistema *rule-checker* são relativas à instalação e movimentação de material de estruturas temporárias de proteção.

##### **3.5.9.1. Sistemas de proteção contra quedas em altura**

A legislação portuguesa, apenas estabelece que terão que ser utilizados sistemas de guarda-corpos ou redes de segurança para evitar as quedas em altura, tendo que se recorrer a normas ou documentação técnica para se obter as características físicas desses equipamentos de segurança.

Assim, recorreu-se à norma Britânica/Europeia (BS EN 13374), para sistemas de proteção contra quedas e ao Anteprojeto de revisão do Regulamento de Segurança e Saúde no Trabalho para os Estaleiros da Construção (R.S.S.T.E.C 2015).

Na determinação das medidas de proteção mais adequadas, os sistemas de proteção coletiva têm prioridade em relação as medidas de proteção individual.



Em geral, os sistemas de proteção contra quedas em altura têm que ser selecionados de acordo com os seguintes critérios (Melzner et al. 2013):

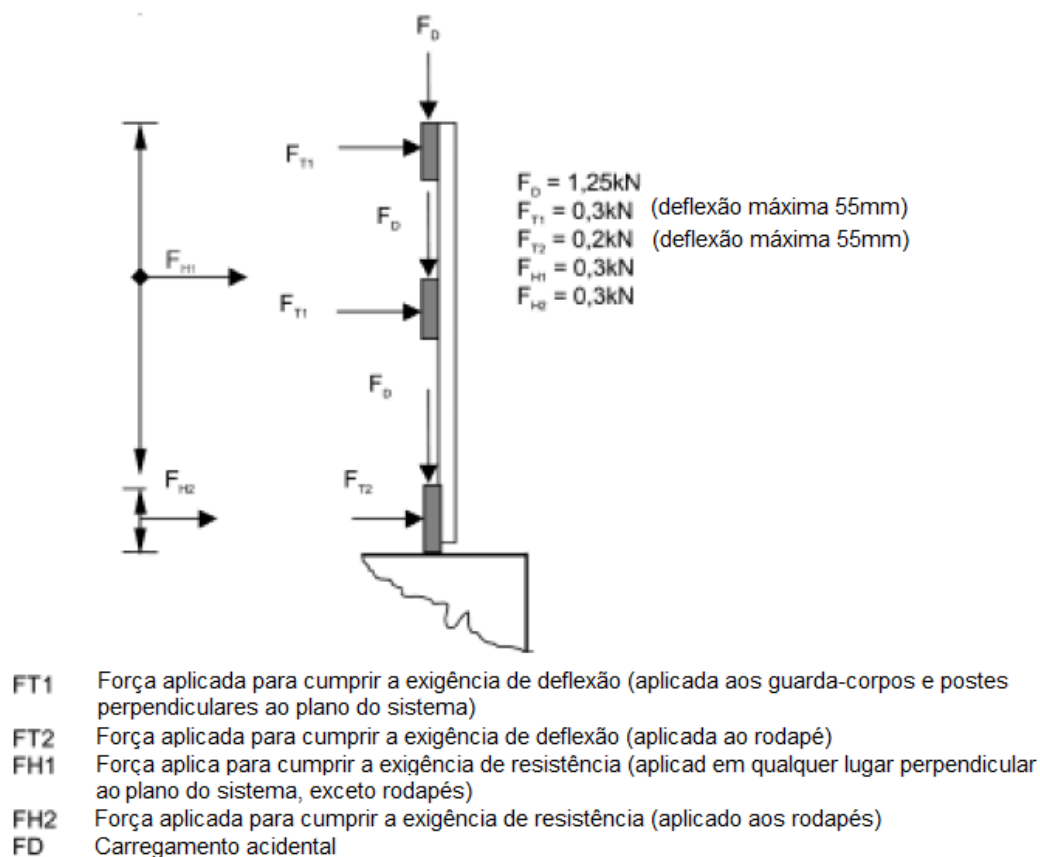
- Proteção coletiva contra quedas em altura: inclui guarda-corpos constituído por dois ou mais elementos horizontais, tampas ou outra proteção que cumpra os requisitos de segurança.
- Absorção de forças: os processos de construção são múltiplos e muito complexos, em alguns casos onde a construção não permite um sistema padrão de segurança, métodos equivalentes devem ser instalados para garantir a segurança do trabalhador. As redes de segurança são um equipamento alternativo capaz de absorver as forças produzidas por trabalhadores que possam cair, mas também devidas à queda de objetos;
- Proteção individual de riscos: o último método que deve ser adotado é a proteção individual. Se os dois primeiros critérios não oferecem a proteção adequada, um sistema individual de proteção contra quedas em altura tem de ser aplicado. A proteção individual deve ser sempre considerada durante a instalação e desmontagem dos equipamentos de proteção coletiva.

#### **3.5.9.2. Sistemas de proteção adotados**

Tendo em conta o objetivo da dissertação e o objeto de estudo, os métodos de proteção escolhidos contra quedas em altura, foram os sistemas de guarda-corpos e sistemas de tamponamento em contraplacado marítimo para cobrir aberturas em lajes, nas quais não seja possível colocar guarda corpos (Melzner et al. 2013):

- Tampas para aberturas – as tampas para aberturas oferecem soluções simples e eficazes para proteger os trabalhadores de cair ou tropeçar em aberturas. As tampas também podem proteger os trabalhadores da queda de objetos, tais como detritos, materiais ou ferramentas, que caem através das aberturas. Estas tampas não têm uma medida e rigidez específica, podendo ser de vários materiais (madeira, diferentes metais).
- Sistema guarda-corpos - O sistema de guarda corpos deve ser selecionado principalmente com base nas características da superfície que o sistema vai proteção (BS EN 13374). Foi escolhida a classe A pois fornece proteção para superfícies planas e de declives inferiores a 10°. Oferece resistência a cargas estáticas e preenche os requisitos para suportar uma pessoa

encostada, andando ao lado, e, possivelmente, tropeçando contra o sistema de guarda-corpos. De acordo com o Anteprojeto de revisão do Regulamento de Segurança e Saúde no Trabalho para os Estaleiros da Construção (R.S.S.T.E.C 2015), o intervalo entre os guarda-corpos e uma estrutura física (paredes, pilares) deve ser inferior a 0,2 metros. O sistema deve conter três elementos horizontais de proteção, devendo o último ficar com a parte superior a uma altura de 1,00 m +/- 0,05 m sobre o plano de trabalho, o intermédio com a parte superior a uma altura mínima de 0,45 m de modo a impedir a passagem ou o deslizamento do trabalhador, o rodapé deve ter uma altura mínima de 0,15 m e deve ser solidamente fixado junto à superfície (Figura 17). O rodapé deve ser obrigatoriamente uma barra com a altura mínima referida e pode ser de madeira ou metálico, os restantes elementos horizontais podem ser barras de madeira, perfis metálicos ou tubos metálicos com vãos não superiores a 2 metros. Os elementos verticais devem ser metálicos com secções mínimas de 30 x 30 mm.



**Figura 17 – Parâmetros de segurança aplicados nos sistemas de guarda - corpos (BS EN 13374)**

### 3.5.10. Desenvolvimento do modelo

Resumindo, para estabelecer um programa de segurança baseado no sistema *rule-checker* tem que se identificar os riscos potenciais, as regras-padrão que podem ser aplicadas e os critérios de prevenção.

De acordo com , para desenvolver o algoritmo automático para o sistema Rule-checker, este deve conter nove passos básicos, dentro das três fases principais (Zhang et al. 2013):

- “Mapeamento” das regras.
- Execução das regras.
- Relatório do *rule-checker*.

Para cada fase temporal específica, o algoritmo primeiro identifica e classifica o elemento construtivo: a laje, o telhado, e paredes como alvos de verificação. Diferentes condições são categorizadas de acordo com a geometria específica dos objetos, e as condições de segurança são analisadas. Posteriormente as regras são aplicadas e “desenhadas” para auxiliar na tomada de decisão. Nesta fase a “mão humana” é opcional no processo de tomada de decisão. Por último os resultados e a sua visualização são atualizados no modelo BIM, cada perigo é detetado e a sua medida de proteção é representada (Figura 18).

Após todo este processo terminar o sistema *rule-checker* fornece informação adicional importante ao coordenador de segurança tais como:

- Quantidades e custos dos equipamentos de proteção e segurança aplicados;
- Programação da instalação e remoção do sistema de segurança.

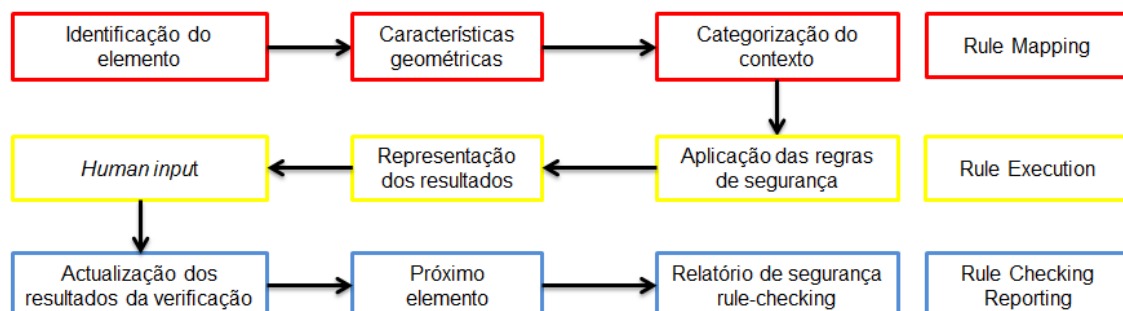
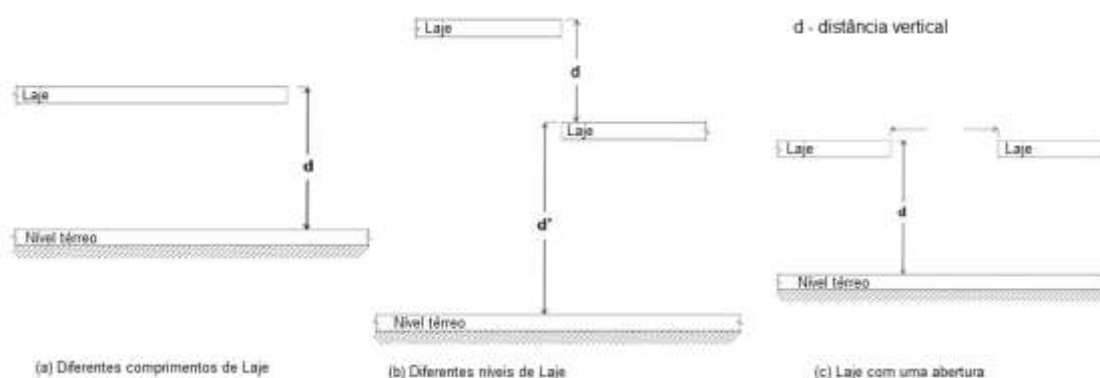


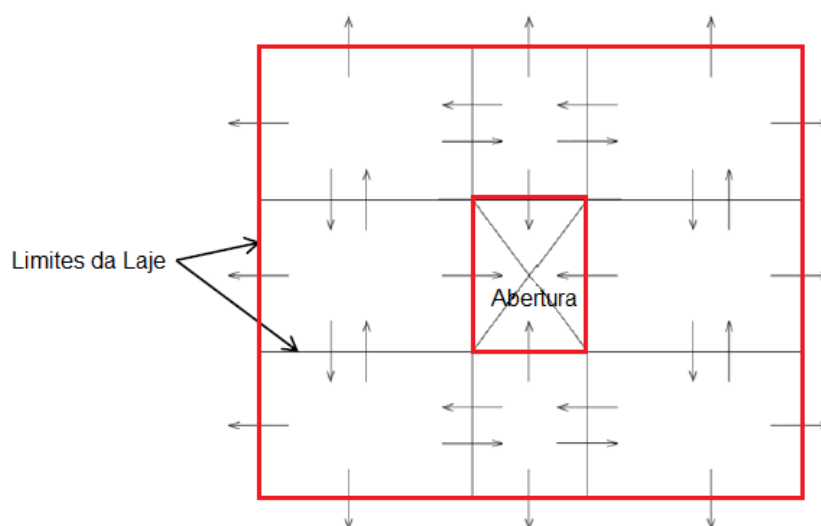
Figura 18 – Modelo para o sistema *rule-checker*, adaptado (Zhang et al. 2013).

Na detecção de quedas em altura, o modelo 4D BIM é usado como referência visual para a detecção de perigos, pois consegue diferenciar os componentes de

construção (paredes, lajes, coberturas, limites), as suas localizações e diferenças de altura (Setayeshgar 2014). A Figura 20 representa a relação entre os limites de lajes adjacentes, a Figura 19 representa a relação da altura e os limites de lajes com os riscos de queda.



**Figura 19 – Limites com risco de quedas (Setayeshgar 2014).**



**Figura 20 – Relação entre os limites de lajes adjacentes (Setayeshgar 2014).**

A Figura 21 explica o algoritmo para a detenção de perigos e instalação de medidas preventivas contra quedas em altura. Para cada tarefa examina-se se uma laje está associada à tarefa; para cada objeto laje associado à tarefa, o algoritmo verifica se está integrada com outras lajes no mesmo nível; os limites da laje são identificados e também a diferença de altura com o piso térreo, e se existem elementos construtivos (por exemplo paredes) que evitem a instalação de elementos temporários de segurança. Assim, nos limites de laje sem proteção são instalados guarda-corpos. Caso no limite de uma laje se encontre

outra laje adjacente, será necessário verificar o planeamento, e se necessário colocar medidas de segurança até as lajes se fundirem (Zhang 2014).

Na proteção de aberturas, o processo é bastante similar, cada abertura é verificada quanto à profundidade quer da laje quer da própria abertura, podendo no entanto, a solução de segurança ser diferente: entre guarda-copos para aberturas maiores e tampas de segurança para aberturas de menor dimensão.

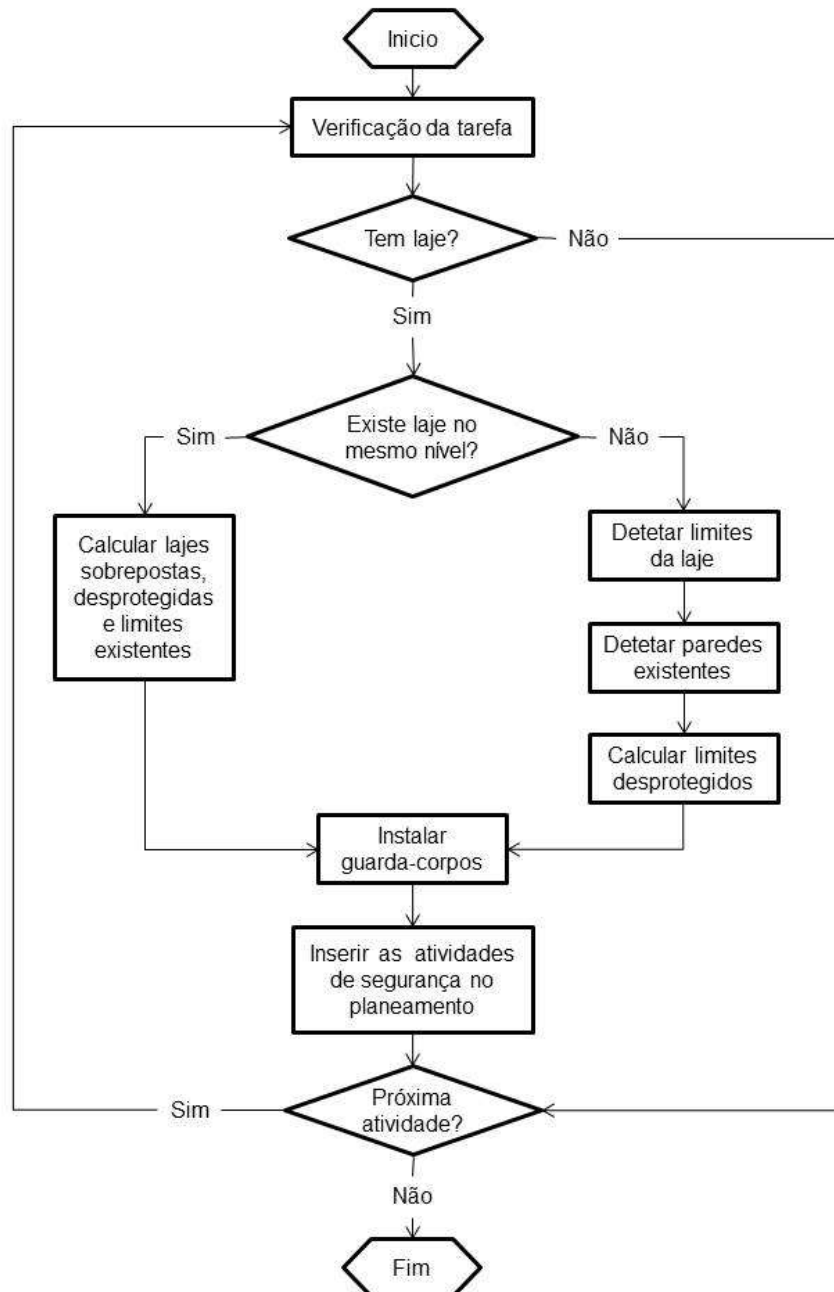


Figura 21 – Algoritmo do sistema *rule-checker* para a deteção de limites com risco de queda, adaptado (Zhang et al. 2015)

A Figura 22 representa em pormenor o algoritmo do passo – aplicação de regras de segurança – para as aberturas em laje.

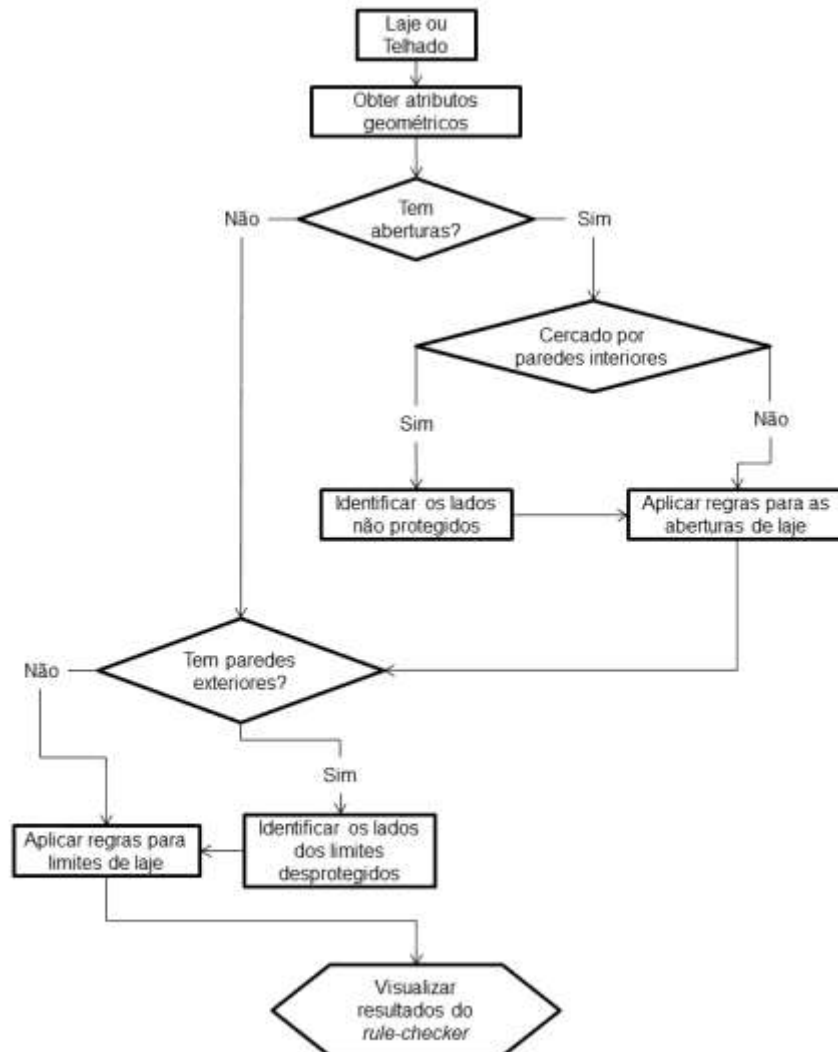


Figura 22 – Algoritmo para o sistema *rule-checker*, adaptado (Zhang et al. 2013).

### 3.5.11. Análise automática de perigos

O planeamento de segurança consiste na identificação de potenciais perigos e nos procedimentos de mitigação. A análise de riscos das atividades (JHA – *Job Hazard Analysis*) é uma técnica que se concentra na análise de tarefas como um modo para identificar os perigos e os consequentes riscos antes que eles ocorram. Leva também em conta a relação entre o trabalhador, a tarefa, as ferramentas, e a envolvente (Zhang 2014).

Os procedimentos básicos para a aplicação de um JHA consistem:

- No estabelecimento de uma sequência de passos básicos de trabalho;
- Na identificação de perigos potenciais;
- Na proposta de procedimentos de ação.

Após a realização do *rule-checker* a JHA, pode ser aplicada como medida descritiva de apoio ao projetista que não tenha formação em segurança, e como ferramenta para o coordenador de segurança elaborar o plano de segurança na fase de projeto (Zhang 2014).

Com base nas boas práticas, fichas de prevenção, listas de verificação utilizadas na gestão de segurança, que permitem identificar perigos, pode ser criada uma ontologia, que em conjunto com o modelo 3D BIM permite desenvolver um motor de pesquisa de regras e boas praticas para uma determinada tarefa. Este motor de pesquisa deve ter a capacidade de identificar a geometria do elemento a calendarização, e daí extrair o conjunto de regras para esse elemento.

Quando o elemento é selecionado o programa automaticamente irá abrir uma janela com uma lista de procedimentos, regras de segurança e potenciais perigos (Figura 23). Adicionalmente um relatório informativo poderá ser gerado pelo sistema no formato de uma folha de Excel (Figura 24)

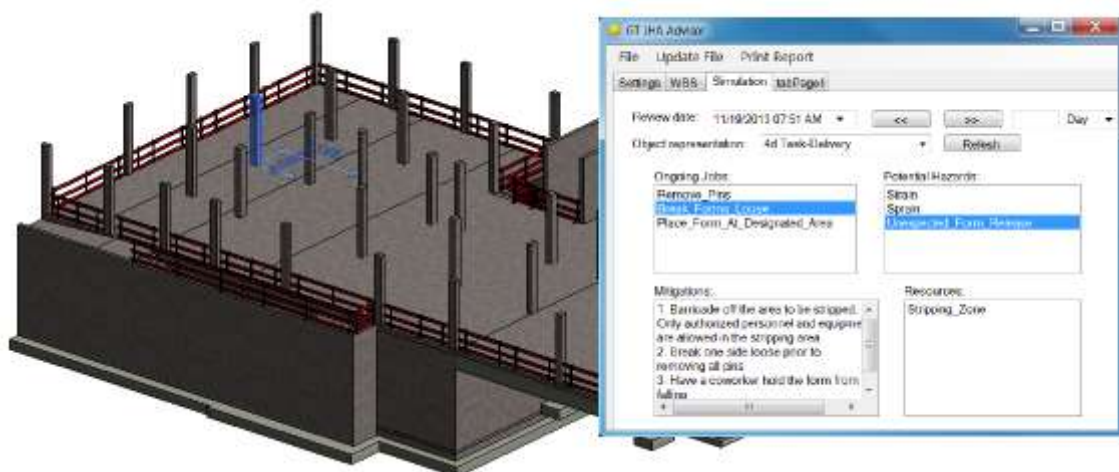


Figura 23 – Interface de JHA (Zhang 2014)

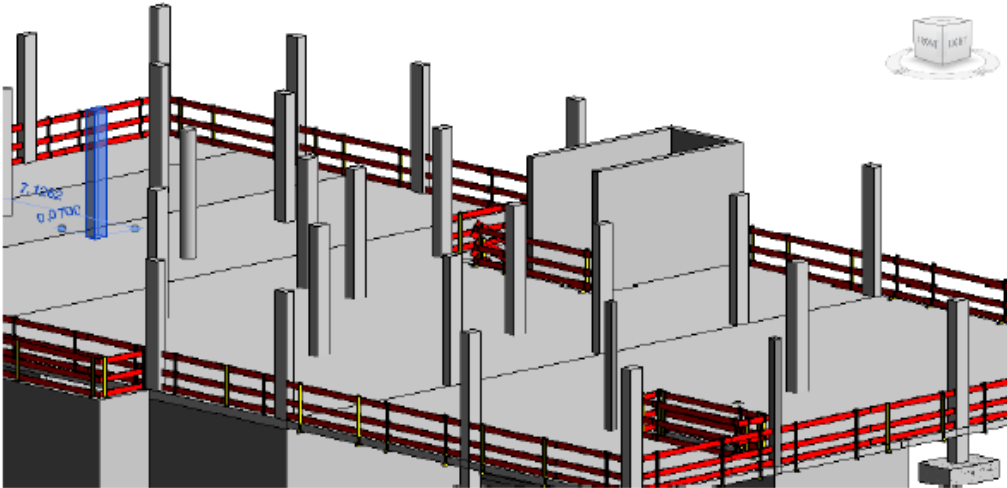
Análise de riscos em actividades			
Nome do projecto:		Supervisor:	
Etapa do trabalho:	Cofragem Pilares		
Principais perigos:	Trabalho em altura Movimentação de carga Utilização de aparelhos de corte Utilização de aparelhos de perfuração Contacto com produtos químicos		
Medidas de Controlo:	Delimitação da área, apenas pessoal autorizado Iluminação Plataforma de Trabalho Limpeza e organização da área adjacente Sinalização de risco de quedas Os ganchos devem estar munidos de dispositivos de segurança que impeçam a fuga do cabo de suspensão		
			

Figura 24 – Exemplo de uma ficha de JHA



# Capítulo 4

---

Caso de Estudo



## 4. Caso de estudo

### 4.1. Considerações iniciais

Este capítulo tem como objetivo a utilização de algumas ferramentas BIM, nomeadamente o *software* de modelação e de planeamento. Tem também como objetivo colocar em prática os conceitos apresentados ao longo desta dissertação. Os *softwares* usados foram o Autodesk Revit 2015 para a elaboração do modelo 3D BIM e o Autodesk Naviswork 2015 para desenvolver o 4D, por serem compatíveis entre si dado que pertencem à mesma empresa.

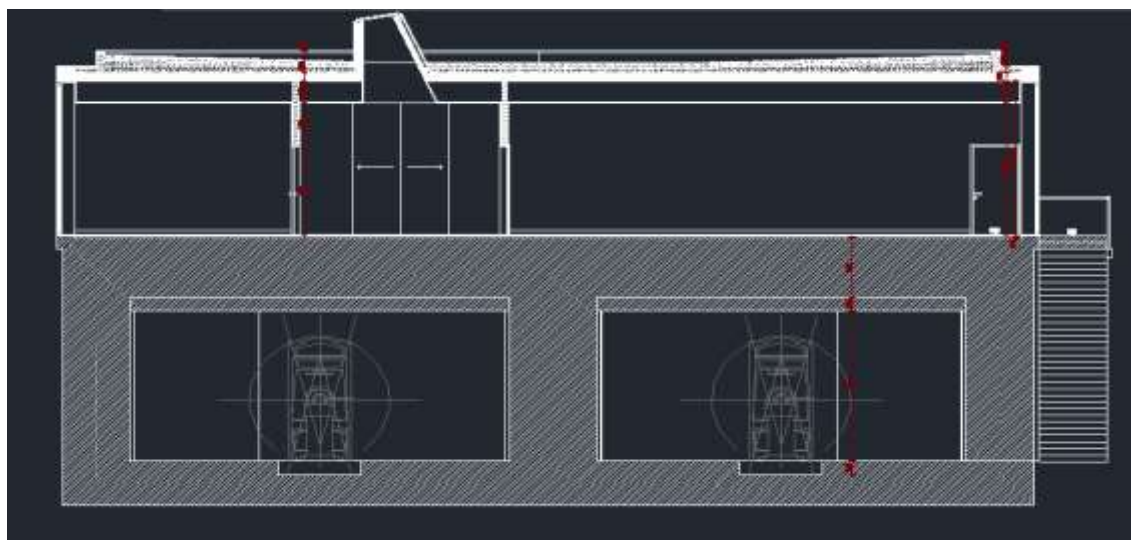
O caso de estudo incidiu sobre o edifício da Unidade de Radioterapia, situada na freguesia de São Martinho, concelho do Funchal, na Ilha da Madeira. Foi projetada pela empresa CSPTD - arquitetura e comunicação, Lda., e inaugurada em 2009 (Figura 25).



**Figura 25 – Fachada principal do centro de Radioterapia**

A primeira parte deste trabalho consistiu na modelação da fase de estruturas do edifício, e a segunda na modelação de estruturas temporárias relativas aos sistemas de segurança de proteção contra quedas em altura.

O edifício é constituído por 2 pisos, um deles subterrâneo em betão armado e o piso do rés-do-chão com dois blocos com uma cobertura comum, com uma estrutura reticulada em betão armado e paredes em alvenaria de tijolo, A Figura 26 e Figura 27 apresentam um corte e a planta de rés-do-chão em formato dwg que serviram de base à elaboração do modelo 3D em Autodesk Revit 2015.



**Figura 26 – Corte lateral em CAD**



**Figura 27 – Planta do Piso rés-do-chão em CAD**

## **4.2. Modelação do Edifício**

### **4.2.1. Arquitetura**

Como o *software* Revit tem a função que permite importar vários formatos CAD (dwg, dxf...), procedeu-se à importação das plantas dos vários pisos em CAD

2D (Figura 28). Este processo não é necessário, mas permite uma redução dos erros de medições que possam surgir. Também é importante referir que várias plantas podem ser importadas, em cada nível referente a cada piso do edifício sobre o mesmo referencial.

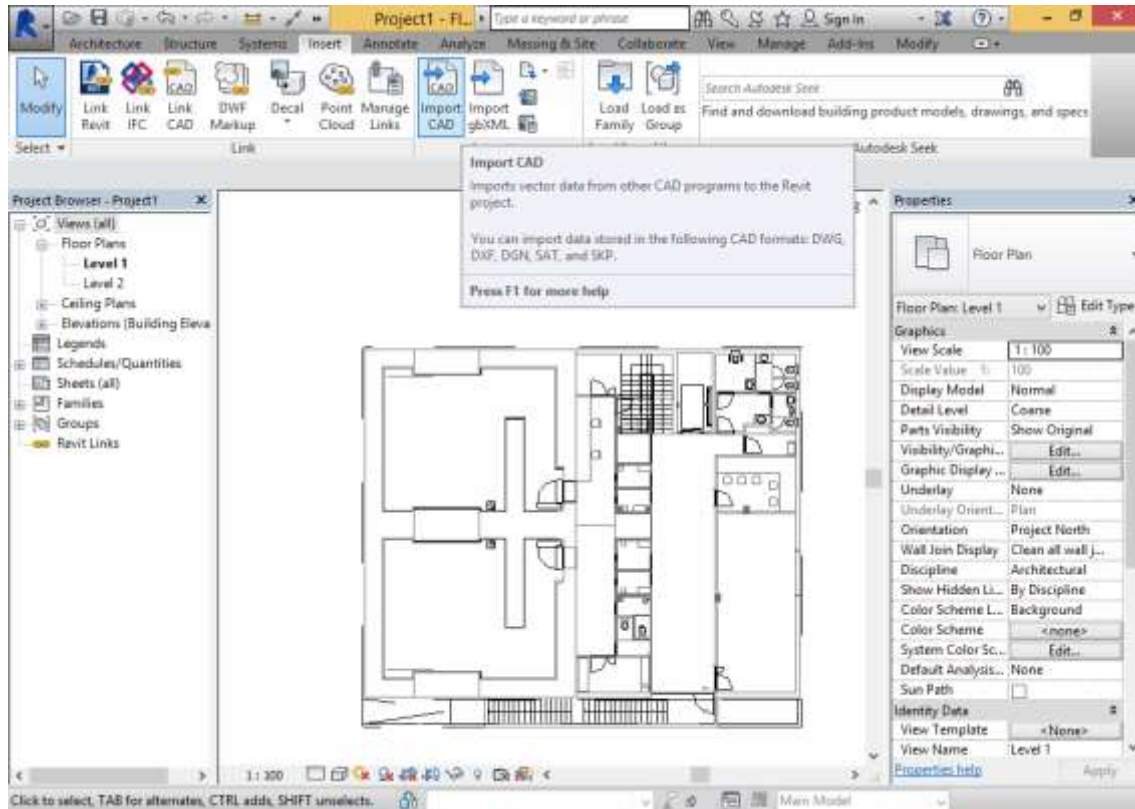


Figura 28 – Link de importação de ficheiros CAD para Revit

#### 4.2.2. Elementos construtivos

Depois de inseridas as plantas 2D no programa procedeu-se à representação dos elementos necessários, pilares, paredes, sapatas e lajes. Contrariamente aos desenhos 2D CAD, em que os diferentes materiais e espessuras são representados manualmente utilizando linhas e tramas, com o *software* Revit, os elementos construtivos são modelados como objetos que possuem propriedades intrínsecas e paramétricas, definidas antecipadamente, através do botão “*Edit Type*”, incluindo medidas e materiais, como é possível observar na Figura 29.

Tendo em conta que cada elemento pode ter medidas e características diferentes, foi necessário proceder a um levantamento de todos os elementos e criar tipos de elementos para cada solução construtiva.

Assim, para proceder à modelação do projeto de estruturas, foi necessário, identificar os tipos de sapatas, lajes, pilares, paredes estruturais e escadas.

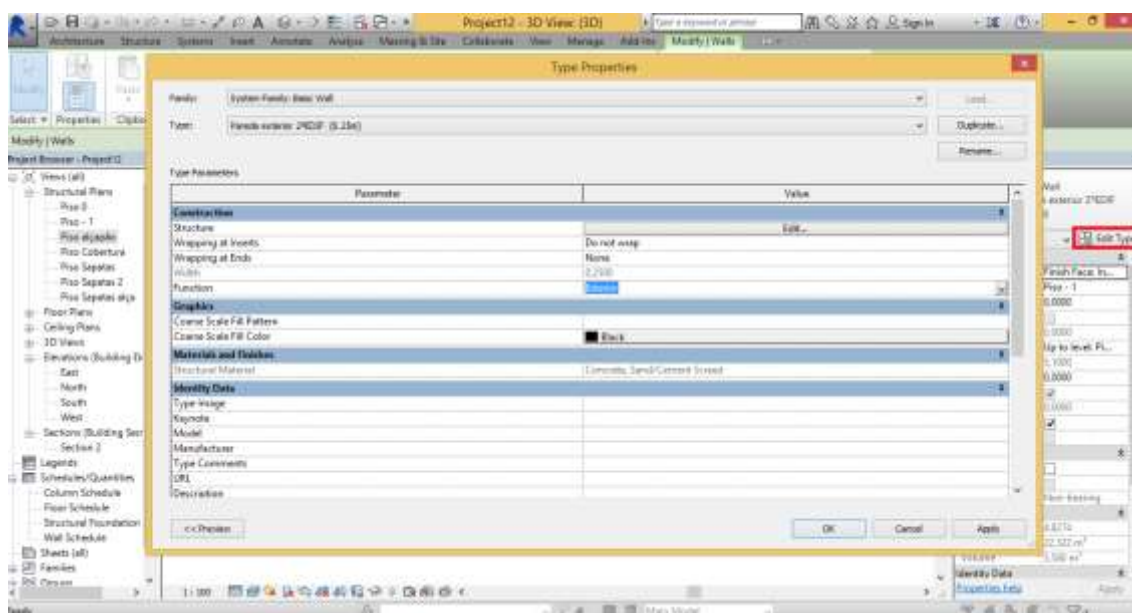


Figura 29 – Janela de definições de propriedades de objetos

### 4.2.3. Sapatas

A sapata é um elemento estrutural, como tal é o único elemento construtivo do projeto que teve ser modelado através da função *Structure – Isolated*, uma vez que o software Revit não permite modelar sapatas através da função *Arquitecture*. A Figura 30 representa a criação de uma sapata isolada.

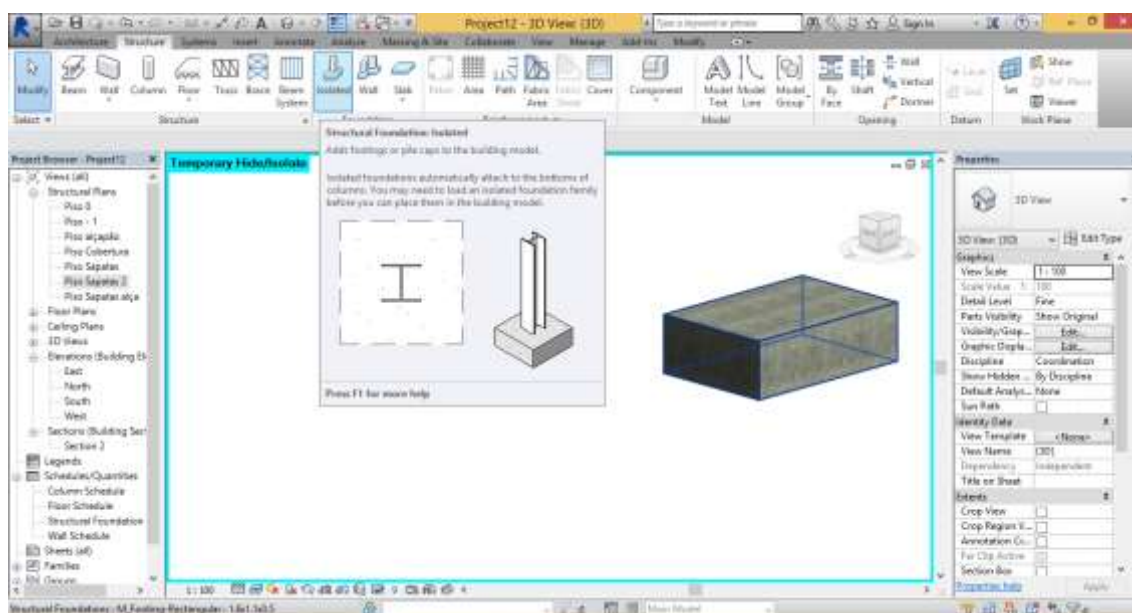


Figura 30 – Modelação de sapatas isoladas

Como no projeto existem vários tipos de sapatas, foi necessário modelar vários tipos de sapatas, isoladas, contínuas e lintéis.

A Figura 31 representa o nível sapatas, com a planta das sapatas e lintéis, do piso -1.

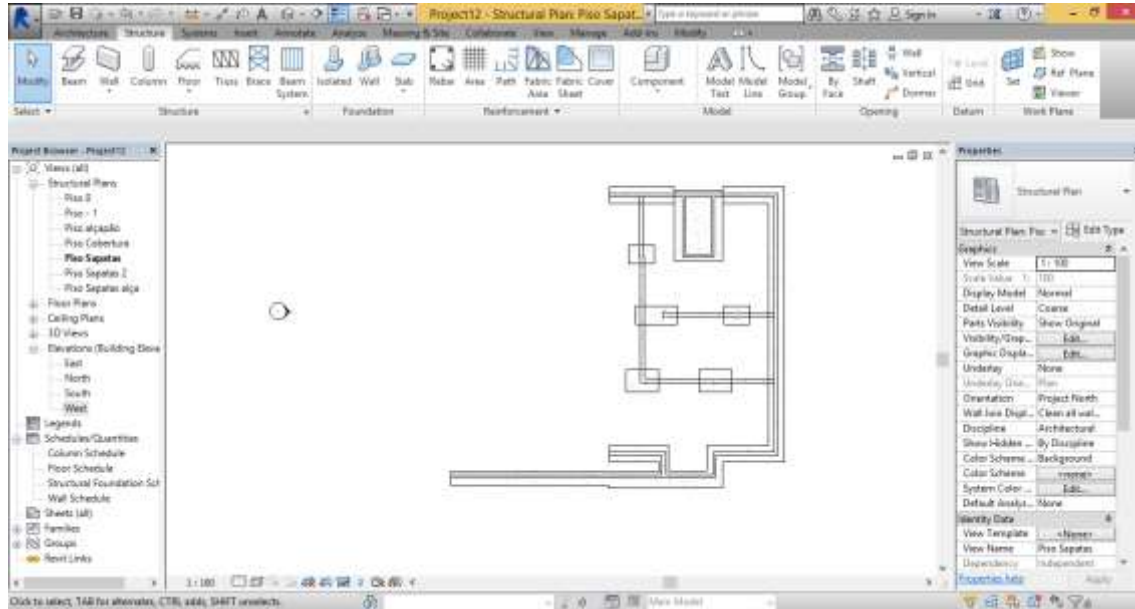


Figura 31 – Planta de sapatas e lintéis da fundação do piso -1

#### 4.2.4. Paredes

Para a definição de paredes o processo é semelhante ao das sapatas, mas através de elementos da função *Architecture*, tendo sido necessário medir as espessuras das paredes estruturais e defini-las. O próximo passo foi desenhá-las por cima das linhas das plantas, de modo a ser o mais fiel possível. Depois deste processo, como é possível ver na Figura 32, é obteve-se o levantamento das paredes do piso -1.



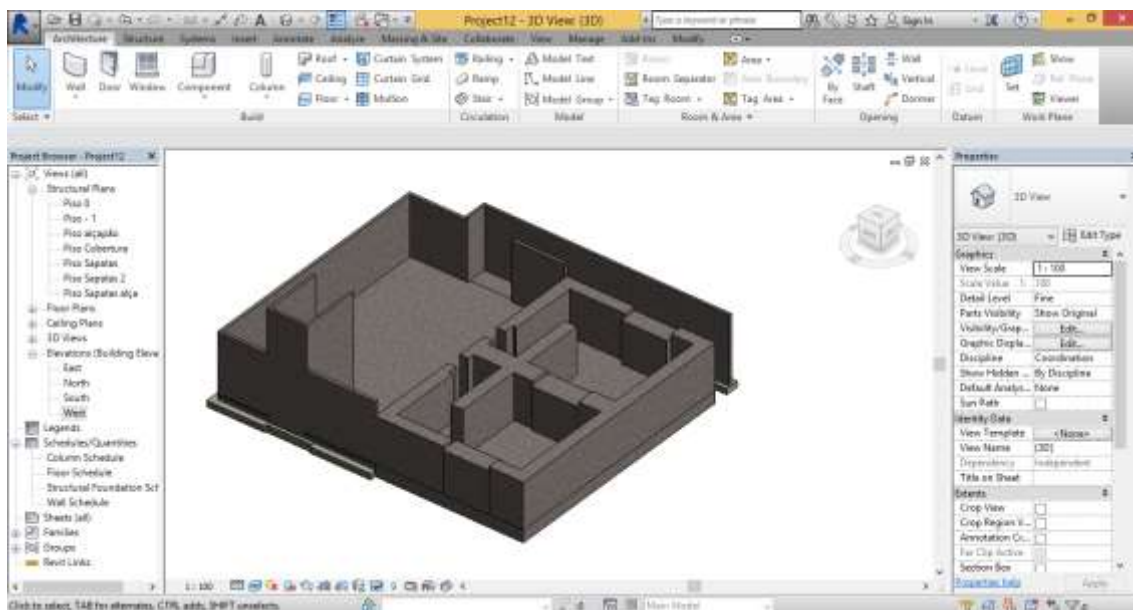


Figura 32 – Vista 3D das paredes do Piso -1

#### 4.2.5. Lajes

Similarmente ao processo de modelação das paredes, como as lajes existentes no projeto também têm espessuras diferentes, foram criadas vários tipos de lajes (Figura 33).

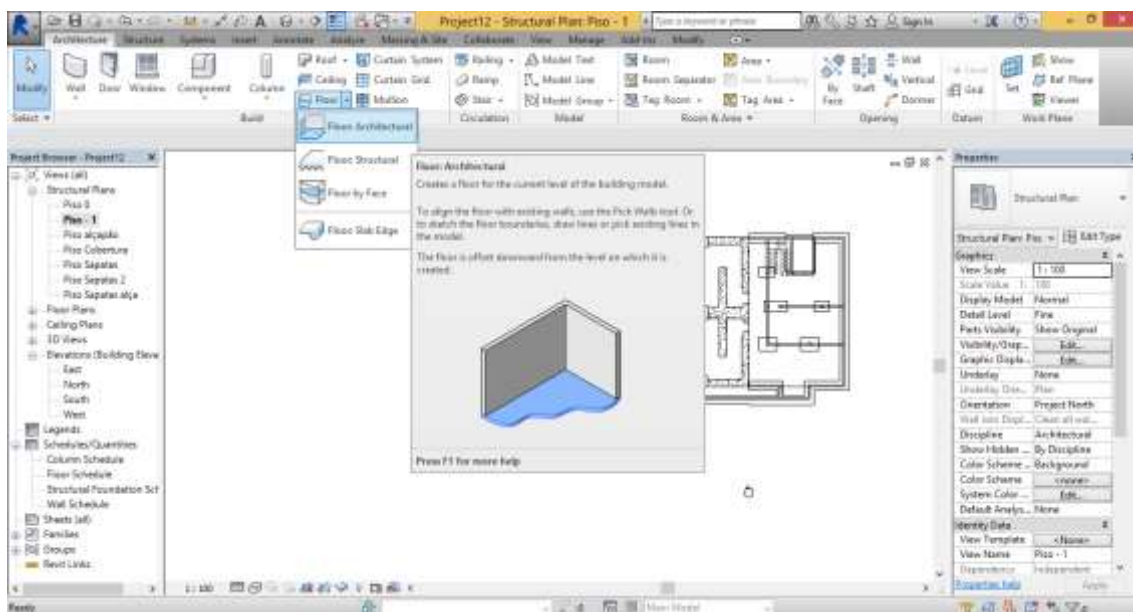


Figura 33 – Comando para criar lajes

A laje de cobertura é uma laje plana, pelo que se assumiu como “*floor*” e não como “*roof*”, tendo assim o mesmo processo de modelação que uma laje normal. Na determinação dos limites de laje, tem de se ter a preocupação de ligar os elementos que se situam no nível abaixo (neste caso pilares), e definir



as aberturas necessárias em concordância com o projeto, este é um processo simples em que se usa o comando “*Edit Boundary*”, e as linhas de limite aparecem em cor-de-rosa, e a partir daí basta definir os limites pretendidos (Figura 34).

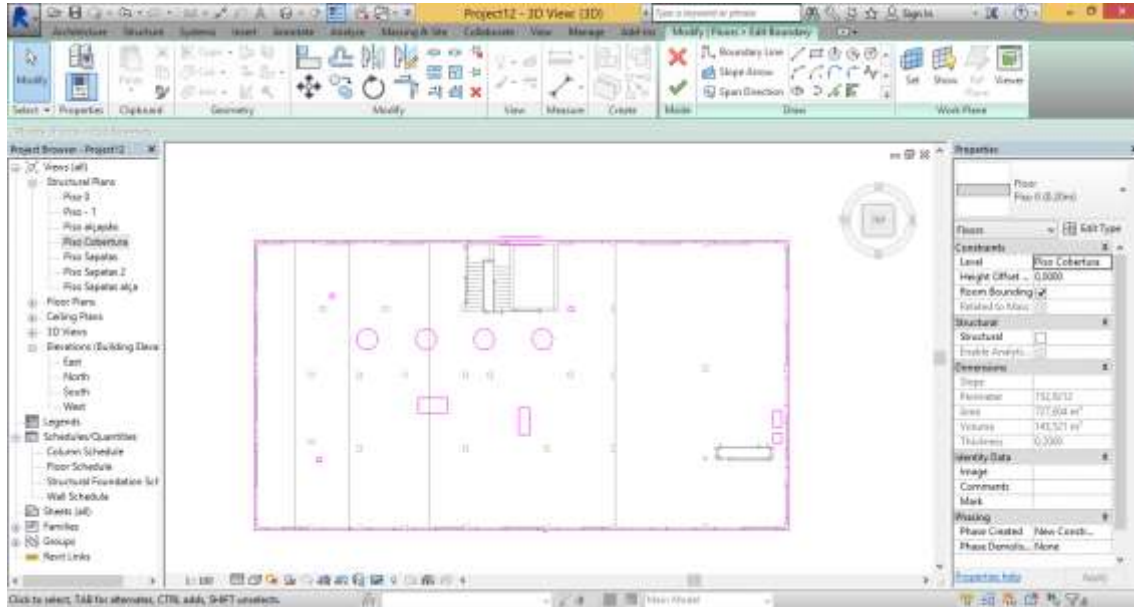


Figura 34 – Limites da laje de cobertura

#### 4.2.6. Pilares

A modelação de pilares é semelhante ao das paredes e pode ser feita através da modelação estrutural ou de arquitetura. Como o objetivo da dissertação não é analisar a estrutura, considerou-se fazer a modelação através do comando “*architecture*”. Outra vantagem do *software Revit* é a possibilidade de definir a altura dos elementos, assim pode-se definir a altura do pilar, contrariamente ao desenho em planta 2D, em que se precisaria de um corte complementar para saber a altura. A Figura 35 mostra a diferença das alturas dos pilares.

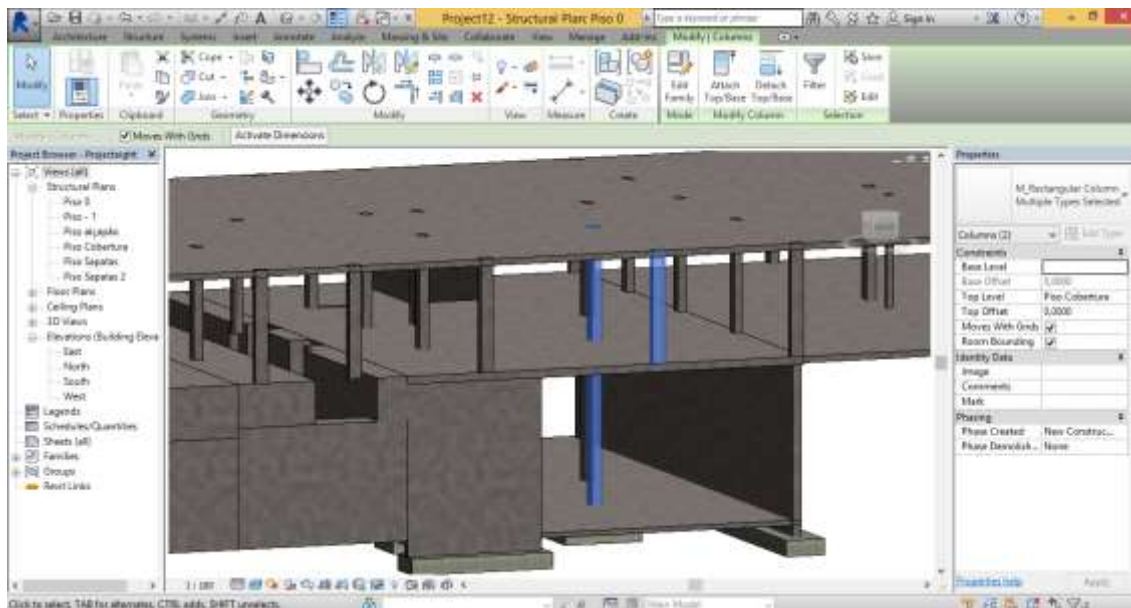


Figura 35 – Vista 3D de pilares de diferentes alturas

#### 4.2.7. Escadas

As escadas no *software Revit* são uma família, possuem propriedades que permitem correções automáticas. Estão presas a um nível base e a um nível topo, não importa calcular o número de degraus, pois este é calculado automaticamente através da fórmula  $2 \cdot R \text{ (espelho)} + H \text{ (cobertor/piso)} = 0,64$ . No projeto existem duas escadas, uma exterior e outra interior, ambas são monolíticas, a exterior tem um espelho máximo de 0,16 m e um cobertor/piso máximo de 0,3 m (Figura 36).

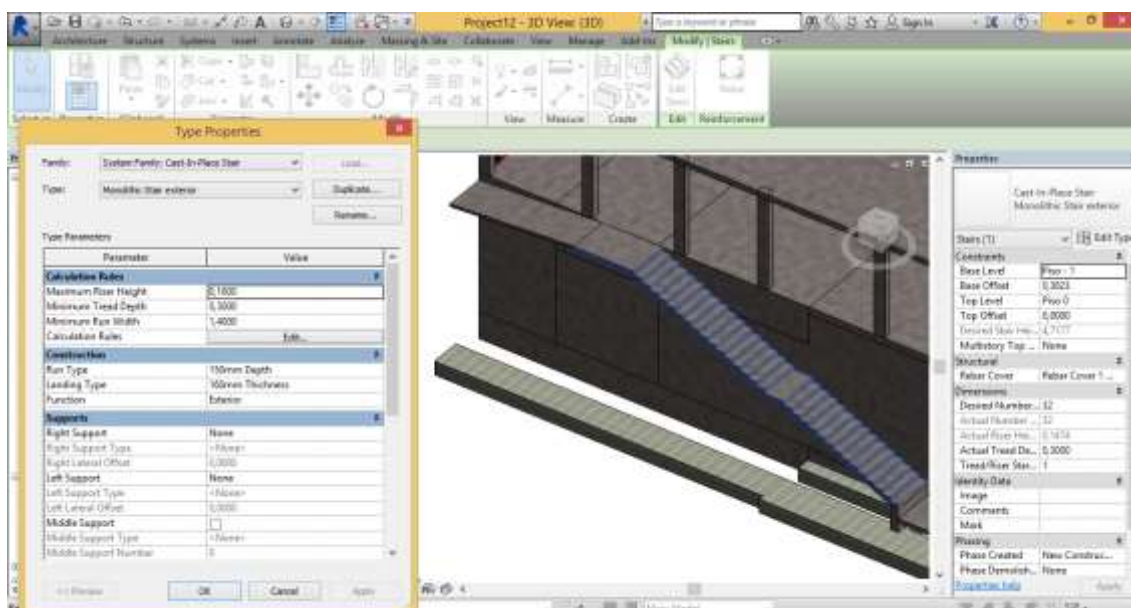


Figura 36 – Vista 3D da escada exterior

#### 4.2.8. Modelo final

Ao longo da modelação do projeto de estruturas do modelo 3D BIM, é de realçar as principais vantagens da modelação BIM:

- Parametrização que ao inserir informação nos elementos construtivos, faz com que seja possível e cada projeção visualizar os elementos projetados automaticamente;
- O *software* Revit, permite gerar várias vistas em simultâneo (3D, plantas, alçados), e fazendo uma alteração de projeto numa determinada vista, esta altera em todas as outras, eliminando o erro e omissões, nas projeções de corte e plantas que podem ocorrer em desenhos CAD;
- Secções (cortes), possibilita em qualquer parte do projeto que seja criado um corte, que permite alterar e modelar elementos facilmente dentro do edifício e poupar tempo na resolução de erros;
- Renderização, esta funcionalidade permite converter o modelo de 3D para 2D, obtendo uma imagem estática e foto-realista, permitindo uma melhor comunicação conceptual entre todos os intervenientes do projeto, especialmente o consumidor final.

As Figuras 37 e 38 apresentam o modelo final da fase de estruturas

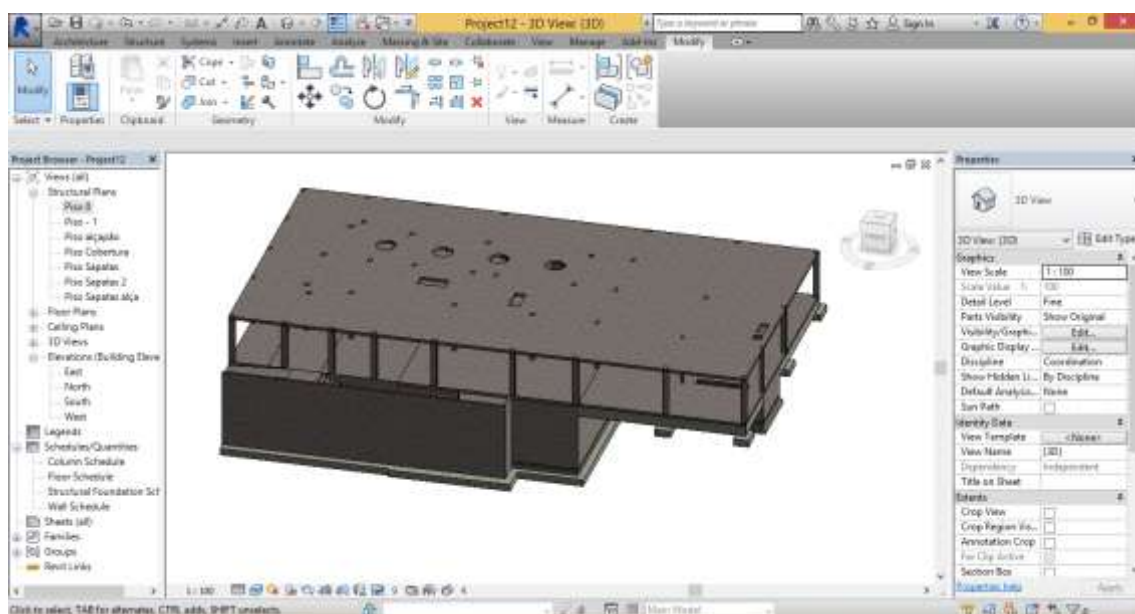


Figura 37 – Vista 3D do alçado principal

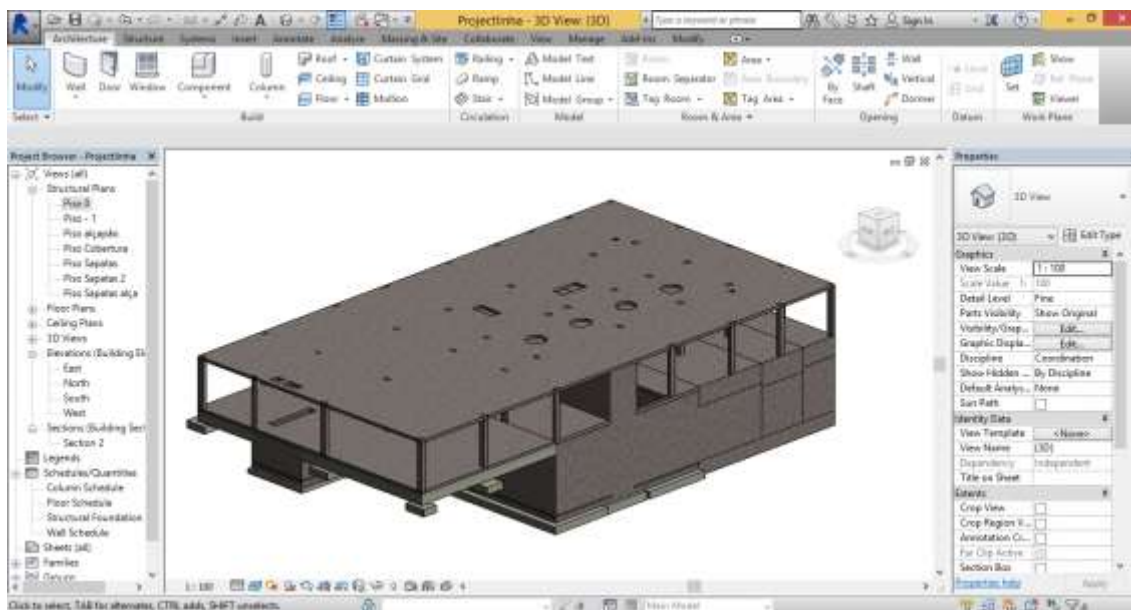


Figura 38 – Vista 3D do alçado posterior

### 4.3. Modelação Estruturas temporárias

A modelação de elementos temporários teve como base as normas europeias, principalmente a norma (BS EN 13374), bem como as medidas fornecidas pela empresa Carldora, empresa especializada em estruturas temporárias.

Por se tratar de elementos temporários o Revit não possui uma família que os represente, quer sejam de sistemas de segurança, ou de auxílio à construção. Deste modo foi necessário criar elementos do sistema de guarda-corpos através da família Revit.

Adicionalmente foi criado o projeto de instalação dos guarda-copos, que inclui o sistema de cabo de segurança (vulgarmente designado por linha de vida), que teve como base a norma europeia (EN 795 2012), e os produtos da empresa Xenon. Não se teve em conta todos os elementos, apenas os cabos de aço e os postes de ancoragem.

#### 4.3.1. Guarda-corpos

Foi necessário modular de raiz 3 tipos de elementos verticais, dois de aperto para as espessuras de laje em que existem risco de queda em altura, pois no Revit não são ajustáveis, e o sistema de encaixe com espigão.

Os elementos horizontais foram modelados como paredes, para facilitar a extração de quantidades.

A Figura 39 representa a comparação entre o objeto modelado e estrutura real.



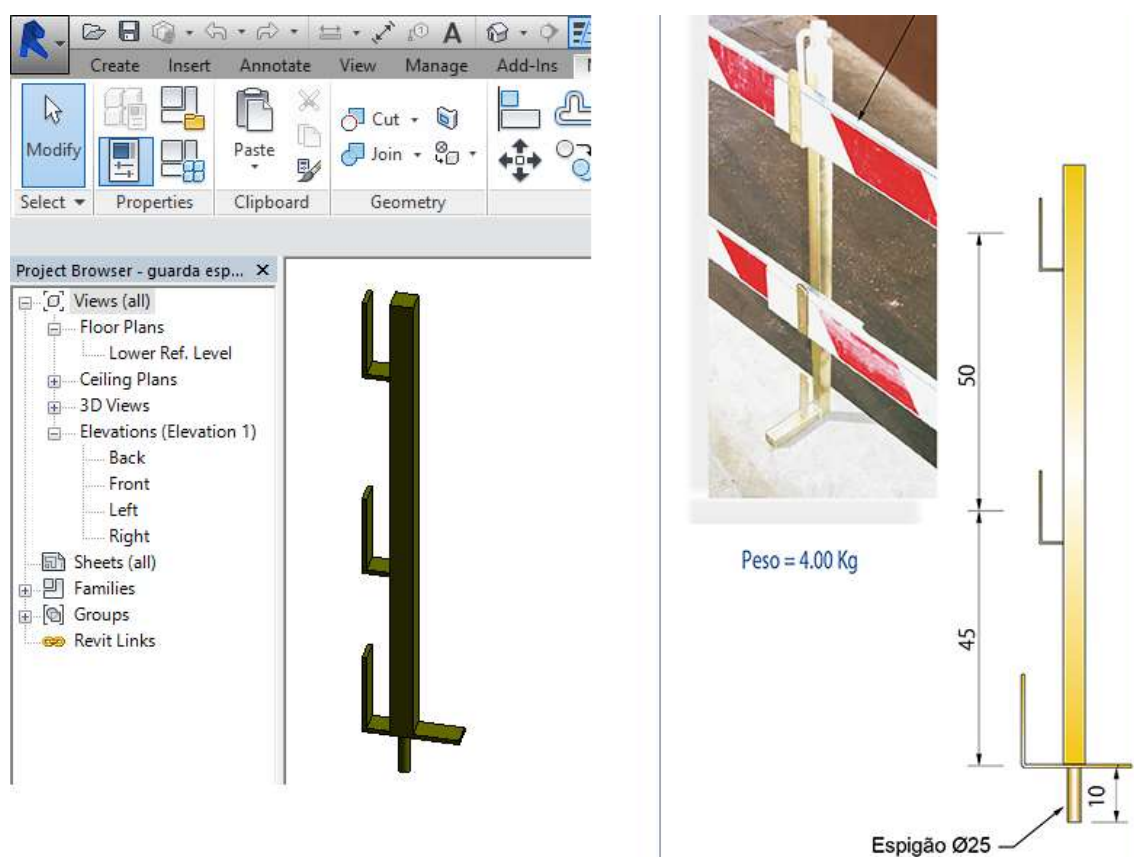


Figura 39 – Comparação entre o modelo revit e o modelo real

#### 4.3.2. Tampas das Aberturas

As tampas de contraplacado marítimo para o fecho de aberturas em lajes, foram modeladas de acordo com as suas dimensões, pois são elementos não estandardizados, tendo que ser à medida no local na obra. A Figura 40 representa a modelação de uma peça, criada através da família Revit.

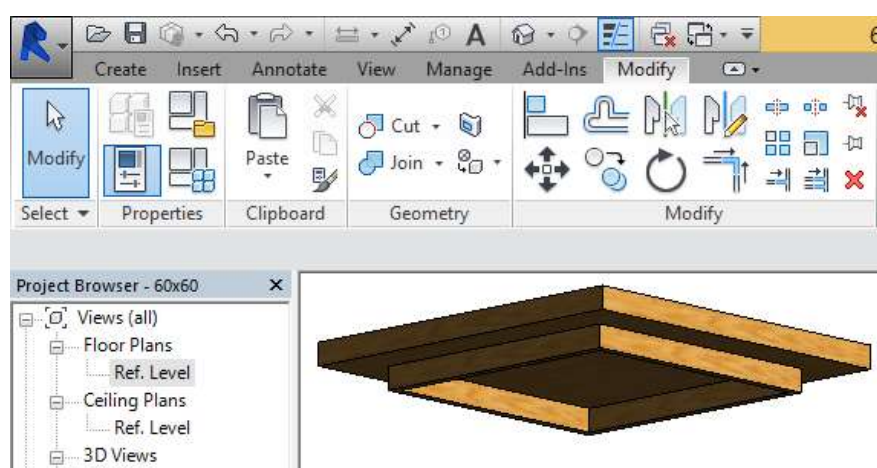


Figura 40 – Tapa de contraplacado modelado em revit

### 4.3.3. Linha de Vida

O projeto de linha de vida teve como base o manual de instruções da empresa Xénon, tendo sido considerado um cabo de 8mm e postes de ancoragem, instalados com uma distância mínima de 1,5 m e máxima de 10 m, a 2 m dos limites da laje onde existe risco de queda em altura.

A Figura 41 representa o objeto modelado com família Revit.

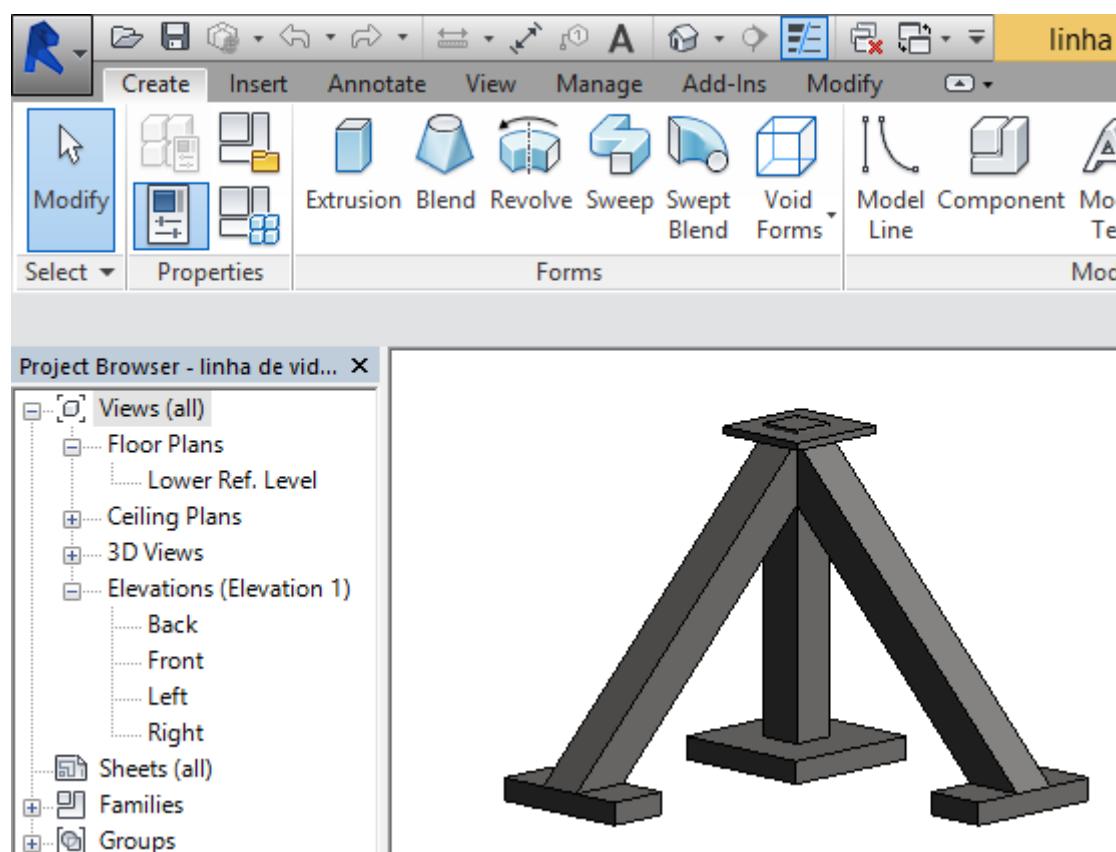


Figura 41 – Modelo Revit do poste de ancoragem

### 4.3.4. Modelo Final

A Figura 43 representa o modelo final com todos os elementos de proteção coletiva temporários, e a Figura 44 mostra a vista 3D do projeto com a linha de vida.

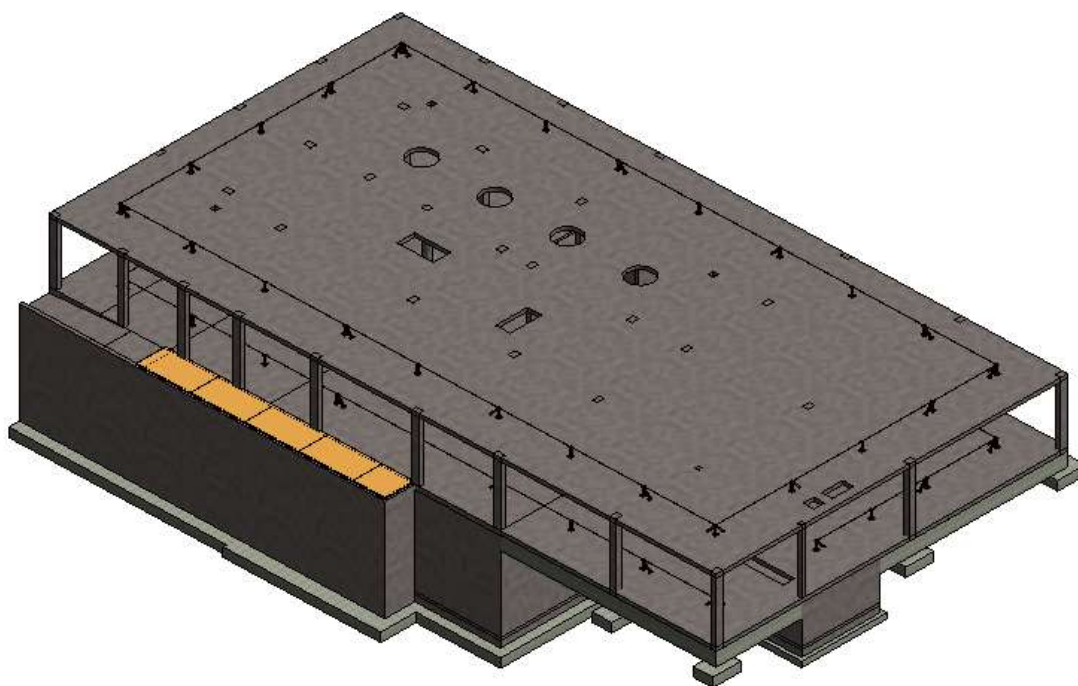


Figura 42 – Vista 3D do modelo com linha de vida

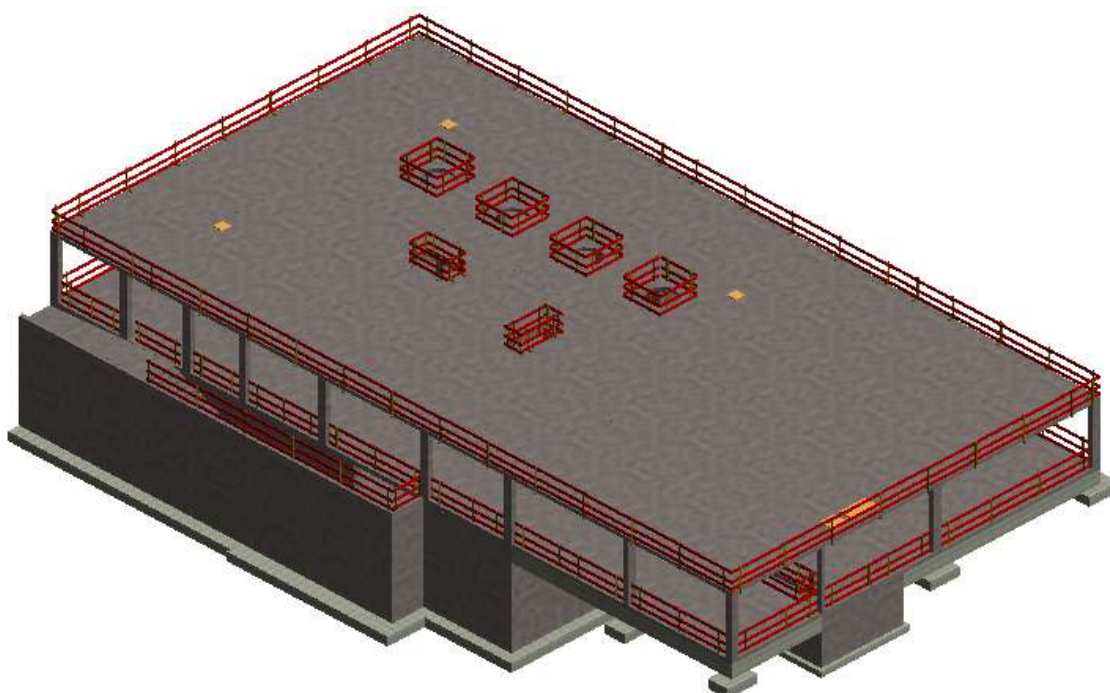


Figura 43 – Vista 3D do modelo final revit

## 4.4. Planeamento da construção

### 4.4.1. Listas de quantidades

O Revit possibilita a extração automática de tabelas com as quantidades dos elementos na fase de conceção do projeto que, como são geradas automaticamente, alteram à medida que existe uma alteração no projeto, diminuindo os erros de medições.

Assim o utilizador seleciona a informação que pretende utilizar, neste caso *Type* (sapatas, paredes, pilares e lajes) e os campos (comprimento, largura, volume, área).

Depois das tabelas serem geradas, estas podem ser exportadas para programas de medições, as tabelas são exportadas em ficheiros txt (Figura 44) que depois é aberto em folha de cálculo Excel.

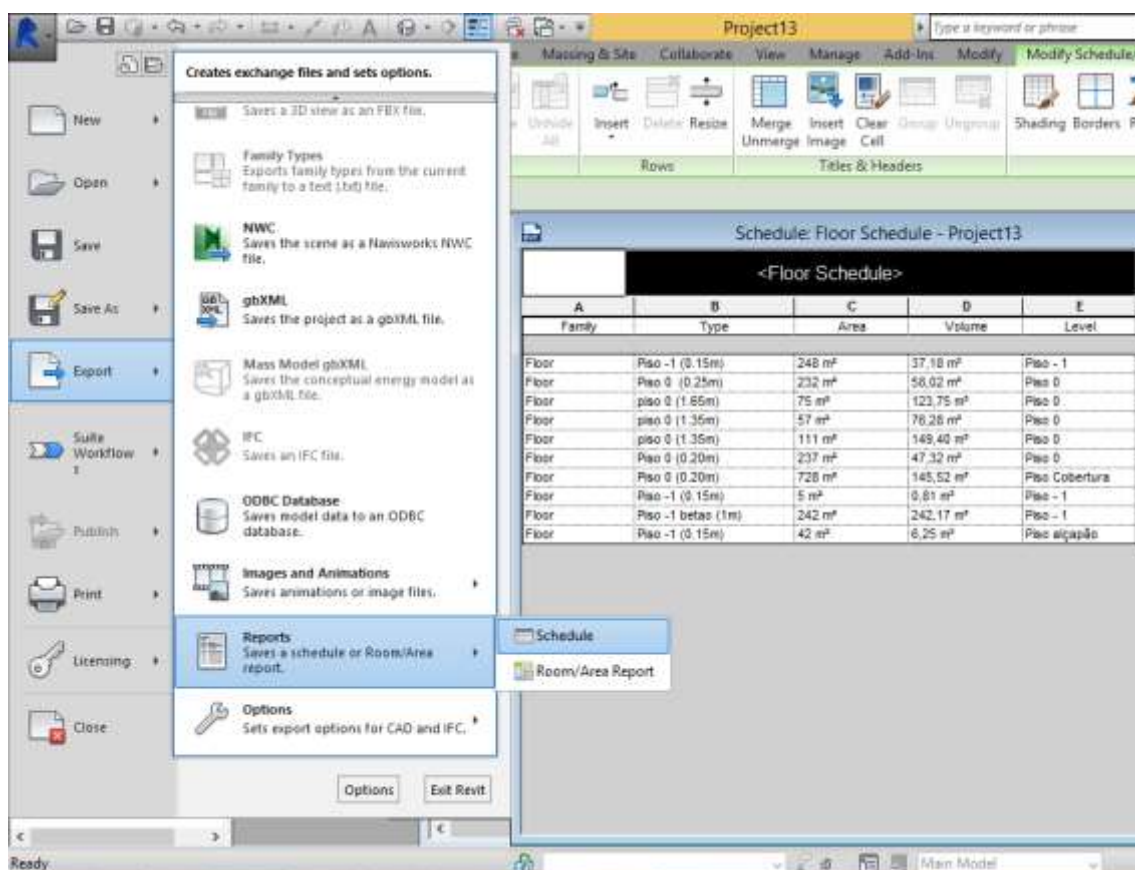


Figura 44 – Função para exportar as listas de quantidades

### 4.4.2. Planeamento Naviswork

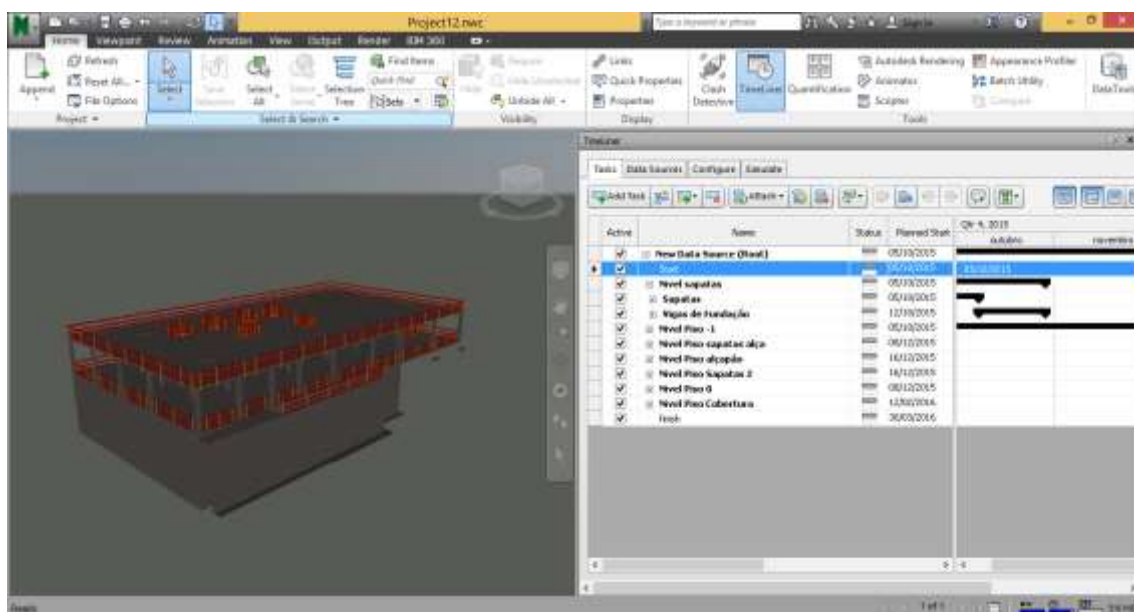
O *software* Naviswork, por ser da mesma empresa que o Revit, abre diretamente o modelo, não sendo necessário exportá-lo para outra extensão. Para criar a simulação 4D é necessário associar ao modelo 3D um



planeamento, permitindo uma simulação da sequência das atividades de construção.

No entanto, o Naviswork tem uma lacuna intrínseca, não define as atividades, apenas permite ligar as atividades aos elementos do projeto 3D. Assim é necessário criar o planeamento através de outro *software* – MS Project – e importar a sequência de atividades.

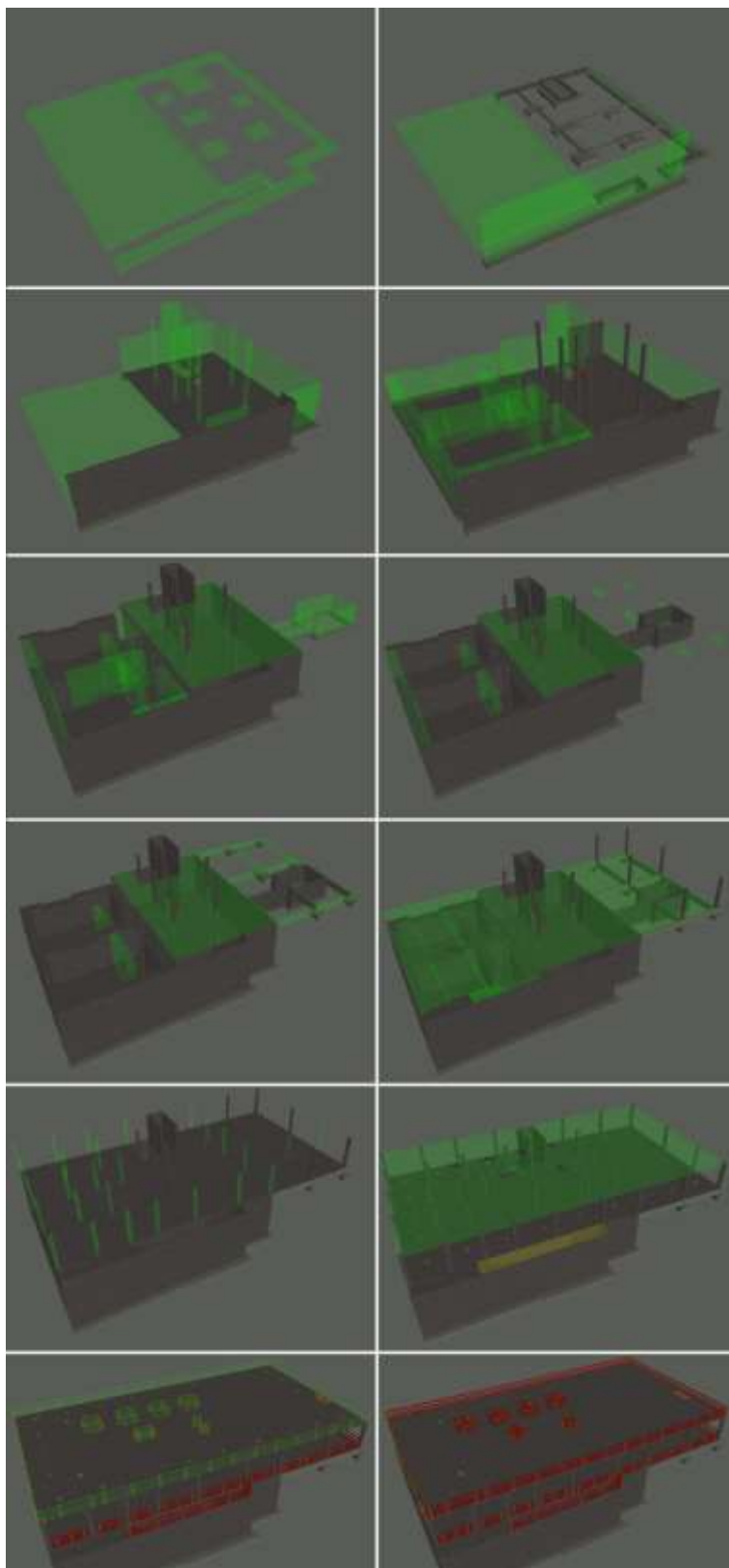
Recorrendo ao comando Timeliner, importou-se o planeamento criado a partir do MS Project, no qual se considerou 1 dia de trabalho como 8 horas, e definiu-se a duração de cada atividade (Figura 45). Posteriormente procedeu-se à ligação entre as atividades e os elementos do projeto.



**Figura 45 – Modelo Naviswork com o planeamento MS Project**

De notar que o Naviswork permite, além da visualização do planeamento das atividades, o acompanhamento das mesmas, possibilitando a comparação entre o planeamento previsto com o estado real da construção do edifício.

A Figura 46 representa a simulação 4D em segmentos de múltiplos *screenshots*, nos quais a coloração a verde representa o que vai ser construído de forma sequencial, os elementos representados a amarelo indicam os elementos dos sistemas de segurança que no modelo são tipificados como elementos de construção temporária.



**Figura 46 – Imagens da animação 4D do modelo e das estruturas temporárias**

# Capítulo 5

---

Considerações Finais



## 5. Considerações Finais

### 5.1. Síntese do trabalho realizado

Este trabalho pretende contribuir para a sensibilização da importância da utilização da metodologia BIM na prevenção de riscos e na gestão de segurança na fase de projeto.

O BIM pode ser usado para a visualização das medidas de segurança a implementar na fase de construção, sendo que a informação relativa à segurança pode ser inserida no modelo BIM de acordo com cada tipo e fase de projeto.

Na dissertação foi proposto um *framework* para um modelo *rule-checker* baseado na metodologia BIM, através de uma formalização da legislação em vigor, para a proteção de quedas em altura, nos limites de lajes e através de aberturas de laje. Foi criado um modelo 3D de um edifício em fase de estruturas, incluindo os objetos (sistemas) de segurança que iriam ser aplicados para a prevenção desses riscos, tendo sido modelados os sistemas de linhas de vida, os guarda-corpos e sistemas de tamponamento de aberturas, nas quais os guarda-corpos não podem ser instalados.

Foi também elaborado um planeamento para o projeto e foi simulada a construção do edifício e a colocação dos sistemas de segurança.

### 5.2. Dificuldades sentidas

O grande objetivo da aplicação da metodologia BIM na gestão da segurança, consiste em apoiar a tomada de decisões durante a fase de projeto, eliminando os perigos e consequentes riscos fazendo com que os equipamentos de segurança sejam contabilizados e na fase de execução seja planeada atempadamente a sua instalação no local e no momento certo.

A primeira dificuldade sentida foi a interpretação e formalização dos regulamentos e legislação em vigor, não só pela legislação em vigor ser antiga e em alguns casos desatualizada, mas também porque as exigências regulamentares não são de interpretação objetiva, não tendo sido por isso elaboradas para serem legíveis por sistemas computacionais, *i.e.* estas regras, terão de ser traduzidas para códigos computacionais. Torna-se assim

necessário para o caso Português atualizar a legislação em vigor e adotar especificações de interpretação objetiva para que a sua formalização seja possível.

Em relação ao caso de estudo, no desenvolvimento do modelo 3D BIM em Revit 2015, teve-se dificuldade na modelação de novas famílias necessárias para o modelo. O revit não contém uma família para estruturas temporárias, foi por isso necessário modelar os elementos necessários como famílias e depois exportar para o projeto. Para isso recorreu-se a normas europeias e produtos de empresas especializadas. Através deste *software* é possível modelar a um nível detalhado e intuitivo recorrendo às famílias existentes e que vêm de origem, no entanto, a nível de novos objetos, trata-se de um processo trabalhoso e moroso, podendo surgir erros por parte do modelador, e também o não reconhecimento de erros construtivos, através dos *warnings*, ou seja, o Revit não avisa uma má colocação de uma família modelada pelo utilizador.

O Naviswork é um *software* que permite criar o modelo 4D baseado num modelo 3D existente e num planeamento efetuado posteriormente em MS Project, e executar uma simulação da construção. Um dos inconvenientes deste *software* é não ligar automaticamente as atividades do planeamento com os objetos do modelo 3D, tornando esta tarefa morosa e sujeita a erros humanos. Outra limitação que apresenta é que este *software* não define as leis construtivas, ou seja, não descodifica a ordem dos elementos construtivos (uma viga pode ser construída antes de um pilar) sendo assim estas falhas têm que ser detetadas pelo utilizador, e por último as alterações que sejam efetuadas no Naviswork têm de ser também introduzidas no *software* de origem, quer seja no modelo 3D ou no planeamento.

### **5.3. BIM na prevenção de riscos e gestão de segurança**

O setor da construção a exigir cada vez mais urgência no cumprimento de prazos, leva a práticas mais negligentes no âmbito da segurança, apesar das novas técnicas e meios tecnológicos ao dispor. Ao longo da dissertação focou-se a necessidade de aumentar a importância da gestão de segurança na fase inicial do projeto.

A necessidade de combater os riscos na origem, leva a que o planeamento para a segurança seja realizado na fase de projeto, sendo que a representação

do conhecimento e comunicação da informação na altura certa leva a uma melhoria da segurança e de todo o processo construtivo.

A metodologia BIM, ainda pouco aplicada em Portugal, já é muito usada nos Países Nórdicas, no Reino Unido e no Norte da América, merecendo uma maior atenção e exploração. Ao nível do planeamento da segurança, tanto os *softwares* referenciados como o *software* utilizado na dissertação não possuem qualquer tipo de objetos relativos a equipamentos de segurança modelados nas respetivas bibliotecas. Assim, o responsável da segurança na fase de projeto, na aplicação desta metodologia, tem que proceder ao desenvolvimento da família de objetos de segurança BIM.

A formalização das regras legais é essencial antes do desenvolvimento do projeto e dos elementos específicos. A legislação é semanticamente muito vasta, pelo que se torna necessário simplificá-la para posterior tradução para linguagem computacional. Além dessas regras é necessário ter também em atenção regras técnicas aplicáveis bem como boas práticas a fim de se programar um *rule-checker* para verificar a segurança do edifício.

A aplicação de modelos 3D e 4D BIM permite a utilização de informação de segurança e a sua troca entre os vários intervenientes, uma vez que no setor da construção muitas especialidades podem ser executadas simultaneamente, pelo que um sistema integrado de informação aumenta o rigor do planeamento dos sistemas de segurança, mas também torna o projeto de segurança acessível na fase inicial do projeto a todas as outras especialidades, contrariamente ao que acontece atualmente. Apesar do sistema *rule-checker* ser uma novidade, e não ter sido implementado nesta dissertação, este sistema pode “correr” de duas maneiras diferentes, a primeira como sistema de deteção total de riscos e aplicação das suas soluções (ideal), e a segunda pode “correr” após a modelação de sistemas de segurança por parte do utilizador. A aplicação desta metodologia permite retirar várias conclusões que apoiam o responsável pela segurança na fase de projeto, entre elas:

- Na visualização de perigos e riscos – a modelação 3D do edifício torna mais perceptível a visualização de erros construtivos, perigos e riscos;
- Na extração de quantidades dos elementos de segurança – a modelação 3D de objetos permite a contagem de todos os elementos de segurança e do registo das características, nomeadamente das geométricas, permitindo neste

caso de estudo distinguir as medidas exatas dos sistemas de tamponamento, da linha de vida, do número de espigões de encaixe e de aperto, bem como do número de barras horizontais de 1m; 1,5m; 2m; 2,5m e 3m;

- Na estimativa de custos e planeamento – o planeamento destas atividades permitem poupar tempo e dinheiro, e também permite visualizar a construção do edifício em tempo real.

A metodologia BIM, quando bem aplicada pode trazer benefícios, não só para as empresas, mas também para o consumidor final, é por isso necessário que exista uma aposta real nesta área.

Concluindo, a metodologia BIM aplicada à prevenção de riscos e à gestão da segurança, pode ser utilizada na deteção de perigos e riscos na fase de projeto, aplicando com sucesso a *Prevention through Design*.

#### **5.4. Trabalhos futuros**

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros sugere-se o ensino e divulgação da metodologia BIM a nível académico, uma vez que as licenças de alguns *softwares* para estudantes são gratuitas, tendo em conta que no Reino Unido e noutros países esta metodologia será obrigatória para projetos públicos, pelo que a tendência é que os países circundantes também sigam este caminho, sendo por isso necessário técnicos qualificados.

O principal objetivo em termos de trabalhos futuros será a tradução das regras selecionadas na formalização, para linguagem computacional e programar a extensão de *software*. Explorar as possibilidades de extensão para verificar outros perigos e riscos além da queda em altura, e a uma escala global (projeto total do edifício), obter os modelos IFC, pois a integração de todos os projetos de construção é essencial para um bom projeto de segurança

.



# Capítulo 6

---

Referencias Bibliográficas



## 6. Referências Bibliográficas

- ACT, 2015. Acidentes de Trabalho Mortais @ [www.act.gov.pt](http://www.act.gov.pt). Available at: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx) [Accessed May 21, 2015].
- Alexiadi, C. & Potsioly, C., 2012. How the integration of n- dimensional models ( BIM ) and GIS technology may offer the potential to adopt green building strategies and to achieve low cost constructions . How the integration of n- dimensional models ( BIM ) and GIS technology may offer th. , (May 2012), pp.6–10.
- Antunes, J., 2013. *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Escola de Engenharia, Universidade do Minho.
- Autodesk, 2015a. Naviswork. Available at: <http://www.autodesk.com/products/navisworks/overview> [Accessed September 5, 2015].
- Autodesk, 2015b. Revit. Available at: <http://www.autodesk.com/education/free-software/revit> [Accessed September 5, 2015].
- Bazjanac, V., 2004. Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information Modelling to Buildings. *Virtual Building Environments - Applying Information Modeling to Buildings*. In A. Dikbas and R. Scherer (eds). In: *eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction*. London: Taylor & Francis Group.
- Biotto, C.N., Formoso, C.T. & Isatto, E.L., 2012. O Uso Da Modelagem Bim 4D No Projeto E Gestão De Sistemas De Produção Em Empreendimentos De Construção. , (1), pp.3688–3697.
- BS EN 13374, 2013. *The British / European standard for temporary edge protection systems*,
- Cabrito, A.J.R.M., 2005. *Construção: A Aplicação dos Princípios Gerais de Prevenção na Fase de Projecto* 1ª edição. ISHST, ed., Lisboa: 5W - Comunicação e Marketing Estratégico, Lda.
- Carter, B., 2013. The Pros and Cons to Building Information Modelling. *Willis Finex Global News*.
- Chen, L. & Luo, H., 2014. Automation in Construction A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, 46, pp.64–73. Available at:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>.

- Chowdhury, G.K., 2015. Building Information Modeling in Site Management. Available at: [https://www.academia.edu/2065272/BIM\\_in\\_Site\\_Management](https://www.academia.edu/2065272/BIM_in_Site_Management) [Accessed November 30, 2014].
- Comissão Europeia, 1997. *Guia para a Avaliação de Riscos no Local de Trabalho*, Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunicações Europeias.
- Ding, L., Zhou, Y. & Akinci, B., 2014. Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. *Automation in Construction*, 46, pp.82–93. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092658051400096X>.
- Directiva 2001/45/CE, 2001. *Prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 195: 19/7/2001.
- Directiva 89/391/CEE, 1989. *Aplicação de medidas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 183: 12/06/1989.
- Directiva 92/57/CEE, 1992. *Prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis*, Official journal L 245: 26/08/1992.
- DL 155/95, *Decreto-lei nº 155, Prescrições Mínimas de Segurança e de Saúde a Aplicar nos Estaleiros Temporários ou Móveis*, 1 de Julho de 1995: Diário da Republica I Série - A, N.º150.
- DL 273/2003, *Decreto-lei nº 273, Condições de Segurança e de Saúde no Trabalho em Estaleiros Temporários ou Móveis*, 29 de Outubro de 2003: Diário da Republica Série A, 251.
- DL 41820/58, *Decreto-lei 41820, Disposições de segurança e proteção do trabalho nas obras de construção civil*, 11 de Agosto de 1958: Ministérios das Obras Públicas e das Corporações e Previdência Social.
- DL 41821/58, *Decreto-lei 41821, Normas de segurança no trabalho da construção civil*, 11 de Agosto de 1958: Ministérios das Obras Públicas e das Corporações e Previdência Social.
- DL 46427/65, *Decreto n.º 46427, Regulamento das Instalações Provisórias Destinadas ao Pessoal Empregado nas Obras*, 10 de Julho de 1965: Ministério das Obras Públicas.
- DL 50/2005, *Decreto lei n.º 50, Prescrições Mínimas de Segurança e de Saúde*

- na Utilização de Equipamentos de Trabalho*, 25 de Fevereiro de 2005: Diário da Republica I Série - A, N.º40.
- Dossick, C.S. & Neff, G., 2010. Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(4), pp.459–467.
- Eastman, C. et al., 2009. Automatic rule-based checking of building designs. *Automation in Construction*, 18(8), pp.1011–1033. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580509001198>.
- Eastman, C. et al., 2011. *BIM Handbook a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* Second Edi., New Jersey: John Wiley & Sons. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>.
- Eastman, C., 1975. The Use of Computers Instead of Drawings. *AIA Journal*, 63(3), pp.46–50.
- EN 795, 2012. *Personal fall protection equipment – Anchor devices*,
- enGenium2.0, 2011. Comparativo software BIM | Autocad, Sketchup, ArchiCAD, Revit, Vectorworks. Available at: <http://www.engenium.net/8030/bim-autocad-sketchup-archicad-revit-vectorworks.html> [Accessed July 2, 2015].
- FEPICOP, 2014. Setor continua em crise mas empresários acreditam na recuperação. , pp.1–8.
- Ferreira, B. et al., 2012. Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão. *Encontro Nacional Betão Estrutural*, pp.24–26.
- Fontes, H., 2010. *Aplicação das técnicas “ Building Information Modelling” (BIM) a estruturas de Engenharia Civil e transmissão de conhecimento*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Escola de engenharia, Universidade do Minho.
- Garcia, J., 2012. *Revit Architecture - curso completo 2ª Edição* . FCA - Editora de Informática, ed., Lisboa: Lidel - edições técnicas, lda.
- Hamil, S., 2014. NBS National BIM Report 2014. *RIBA Enterprise Ltd*, p.24. Available at: <http://www.thenbs.com/topics/BIM/articles/nbs-national-bim-report-2014.asp>.
- Harris, F. & McCaffer, R., 2006. *Modern Construction Management*, Blackwell Publishing.
- Hu, Z. & Zhang, J., 2011. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis

- and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies. *Automation in Construction*, 20(2), pp.155–166.
- ISO 16739, 2013. *Industry foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*,
- ISO 29481-1, 2010. *Building Information Modeling — Information Delivery Manual — Part 1: Methodology and Format*,
- Kamardeen, I., 2010. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. *26th Annual ARCOM Conference*, (September), pp.281–289.
- Ku, K. & Mills, T., 2008. Research needs for Building Information Modeling for construction safety. In *Proceedings of the 44th ASC National Conference*. Auburn, USA.
- Lei N.º102/2009, 2009. *Lei N.º102/2009, de 10 de Setembro*,
- Lei N.º3/2014, 2014. *Lei n.º3/2014 de 28 de Janeiro*, Diário da República, 1.<sup>a</sup> série - N.º19.
- Malsane, S. et al., 2015. Development of an object model for automated compliance checking. *Automation in Construction*, (49), pp.51–58. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.004>.
- Manuele, F.A., 2007. Prevention through Design: Addressing Occupational Risks in the Design & Redesign Processes. *ByDesign*, pp.1–13.
- Melzner, J. et al., 2013. A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models. *Construction Management and Economics*, 31(6), pp.1–14. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2013.780662>.
- Navisworks, A., 2014. Autodesk Navisworks 2014. *Coordination, complete control*.
- NP 4397, 2008. Sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho - Requisitos. , 2001, pp.1–26.
- OHSAS 18001, 2007. Sistemas de gestão da segurança e da saúde do trabalho - Requisitos.
- Oliver, 2011. BIM – is it just marketing fluff? *Korec Group*. Available at: <http://www.korecgroup.com/blog/?p=1425> [Accessed September 10, 2015].
- Picotês, A., 2010. *Aplicação de modelos de informação para a construção a em preendimentos de pequena dimensão*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de engenharia Universidade do Porto.

- Pina, H.R.M., 2015. *Metodologia BIM na Gestão da Manutenção de uma Estação Elevatória*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.
- Portaria n.º 101/96, 1996. *Portaria n.º 101/96 de 3 de Abril*, Diário da República, 1.ª série-B N.º80.
- Potts, K., 2008. *Construction Cost Management. Learning from case studies* 1st ed., New York, USA: Taylor & Francis Group.
- R.S.S.T.E.C, 2015. Anteprojecto de Decreto Regulamentar - Regulamento de Segurança e Saúde no Trabalho para os Estaleiros da Construção. *Ordem dos Engenheiros Técnicos*. Available at: [https://www.oet.pt/downloads/Decl/DL/AnteProjecto\\_SST\\_Estaleiros.pdf](https://www.oet.pt/downloads/Decl/DL/AnteProjecto_SST_Estaleiros.pdf).
- Revit, A., 2010. Autodesk Revit Architecture 2010. *Architecture*, 1, p.About Revit Architecture. Available at: [http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=17801984&siteID=123112&s\\_tnt=31959:0:0](http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=17801984&siteID=123112&s_tnt=31959:0:0).
- Rodrigues, M.F., 2013. Apontamentos da disciplina de Gestão de Obra e Segurança.
- Rodrigues, M.F. da S., 1999. *A formação dos coordenadores de segurança e saúde na construção*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.
- Rodrigues, M.F. & Maranhão, S.H.J., 2007. A Formação dos Coordenadores de Segurança e Saúde do Setor da Construção. In *SHO2007 - Colóquio Internacional Sobre Segurança e Higiene Ocupacionais*. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, pp. 69–72.
- Setayeshgar, S., 2014. *Improving Safety on Construction sites Using BIM-Based Dynamic Virtual Fences and Ultra-Wideband Technology*. Requirements for the Degree of Master of Applied Science, Department of Building, Civil and Environmental Engineerin, Concordia University.
- Swuste, P., Frijters, A. & Guldenmund, F., 2012. Is it possible to influence safety in the building setor?. A literature review extending from 1980 until the present. *Safety Science*, 50(5), pp.1333–1343. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.036>.
- Szymberski, R., 1997. Construction project safety planning. *TAPPI Journal*, 80(11), pp.69–74.
- Tsai, M.-H., Mom, M. & Hsieh, S.-H., 2014. Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: part I. Methodology and survey. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, (April 2015), pp.1–14.

Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/02533839.2014.888811>.

Vrijhoef, R. & Koskela, L., 2005. A critical review of construction as a project-based industry: identifying paths towards a project-independent approach to construction. In *CIB combining Forces*. June. Helsinki, Finland.

Watts, G., 2012. *Industrial strategy: government and industry in partnership*, Available at: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf).

Witcovski, L.C., Emilia, L. & Garcia, M., 2009. A Utilização Do Bim Em Projetos De Construção Civil the Bim Utilization in the Civil Construction Projects. *IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 55(48), p.19. Available at: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/171>.

Zhang, S. et al., 2015. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. *Safety Science*, (72), pp.31–45. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001>.

Zhang, S. et al., 2013. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*, (29), pp.183–195. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.006>.

Zhang, S. et al., 2011. Integrating BIM and Safety: An Automated Rule-Based Checking System for Safety Planning and Simulation. In *Proceedings of CIB W099 Conference*. Belfast, Ireland, pp. 1–13.

Zhang, S., 2014. *Integrating safety and BIM: Automated construction hazard identification and prevention*. Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology.



---

Anexos



## Anexo A – Informações técnicas dos guarda – corpos



**carldora**

CORRAIS • ANDAIM • ESCORAMENTOS • INSTALAÇÃO DE VALAS • ESTRUTURAS POLÍCARB • BANCADA E VEREDOS

+ QUALIDADE  
+ ORIGINALIDADE  
+ VERSATILIDADE

ANEXO TÉCNICO 0001/01 a 0001/02  
PRODUTOS ENCAIXADOS em GALVANIZADOS

### GUARDA CORPOS

#### PROTEÇÕES PERIFÉRICAS TEMPORÁRIAS

#### Sistema de encaixe c/ espigão

Compatível com barreiras em alumínio, Chapa ou madeira



Peso = 4.00 Kg

50

45

10

Espigão Ø25

Tubos guarda-corpos de  $\pm 835\text{mm}$



Peso = 4.20 Kg

55

45

10

Espigão Ø25

Bloqueado Desbloqueado

Empalme dos tubos

ACABAMENTO ZINCADO / GALVANIZADO

Medidas em milímetros

CONCEPÇÃO • FABRICAÇÃO • ESTUDOS • MONTAGENS

REND • ALUGUER • ASSISTÊNCIA TÉCNICA

2420 - 208 Corrales - 163004 - PORTUGAL • TEL: +351 244 720 700 • Fax: +351 244 720 709 • geral@carldora.com • www.carldora.com



# carldora

CORRAIS • ANDAMIOS • ESCORAMENTOS • ENSTACAGENS DE URMAS • ESTRUTURAS ROLANTES • SANCALHAU E SINTOS

- QUALIDADE
- ORIGINALIDADE
- VERSATILIDADE

Tel: 333 244 720 e 333 244 721 FAX: 333 244 720 e 333 244 721

PROJETOS ENGENHARIA DE CARLIDORA

## GUARDA CORPOS

### PROTECÇÕES PERIFÉRICAS TEMPORÁRIAS

#### Sistema de aperto às lajes

Compatível com barreiras em alumínio, Chapa ou madeira



Peso = 7,2 Kg

ACABAMENTO: ZINCOADO GALVANIZADO

Tubos guarda-corpos de  $\pm \varnothing 35\text{mm}$



Peso = 8 Kg




Bloqueado    Desbloqueado




Empalme dos tubos

Medidas em milímetros

CONCEÇÃO • FABRICAÇÃO • ESTUDOS • MONTAGENS  
 VENDA • ALUGUER • ASSISTÊNCIA TÉCNICA

3420 - 205 Caldas de Lousa - PORTUGAL Tel: 333 244 720 Fax: 333 244 720 E-mail: carldora.com www.carldora.com

ESTES DESENHOS SÃO PROPRIEDADE DA CARLIDORA • NÃO PODEM SER REPRODUZIDOS POR TERCEIROS SEM A NÚNCIA AUTORIZAÇÃO



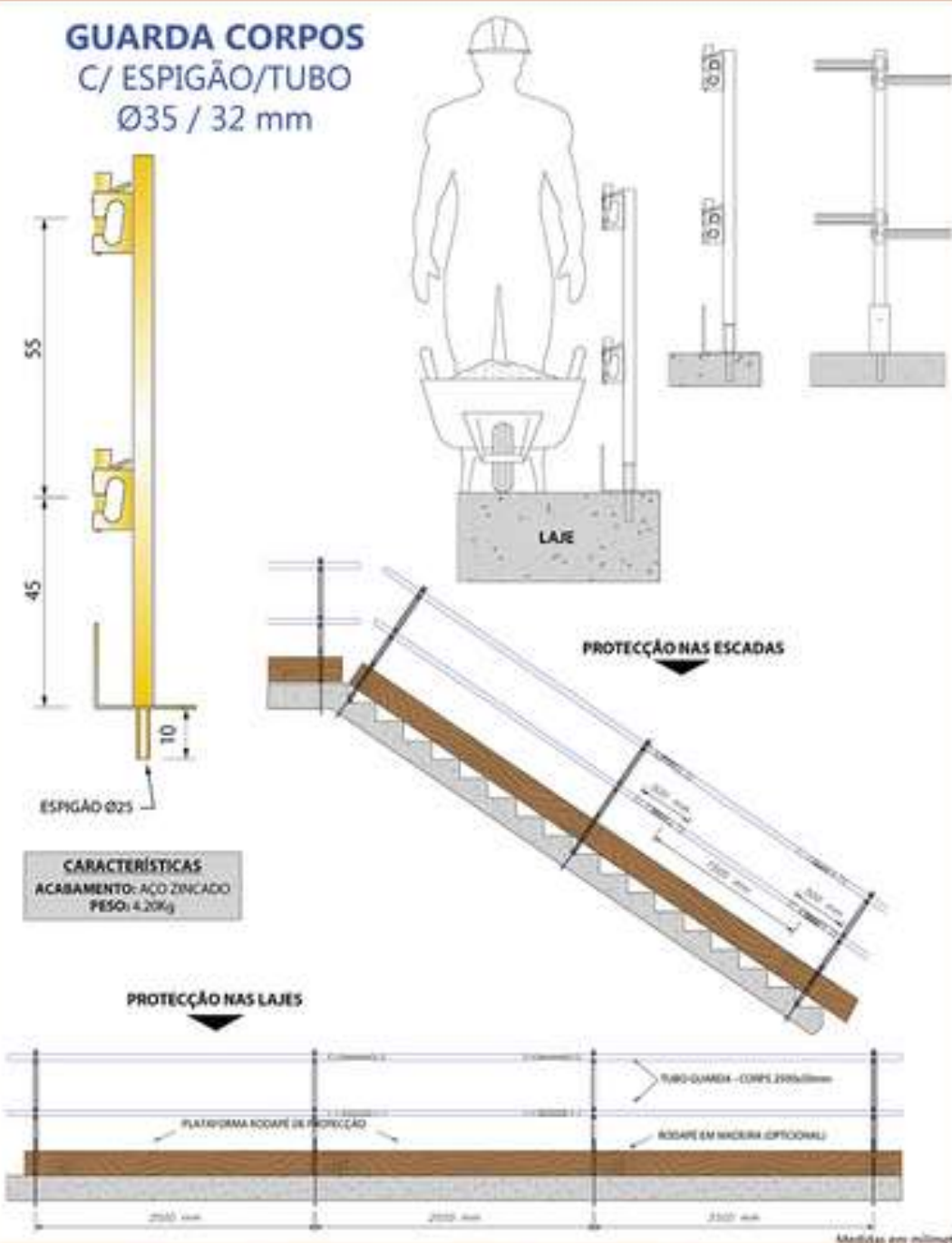
# carldora

CORROSIVOS • ANGIAMET • ELCORAMETOS • ENTUBAÇÕES DE VALAS • ESTRUTURAS NOCANTES • AMACIADA E VENTOS

• QUALIDADE  
• ORIGINALIDADE  
• VERSATILIDADE

Número Verde: 800 70 10 10 e 800 70 10 10  
99000001 2204200 ou 0400000000

## GUARDA CORPOS C/ ESPIGÃO/TUBO Ø35 / 32 mm




**CARACTERÍSTICAS**  
 ACABAMENTO: AÇO ZINCADO  
 PESO: 4,20kg

**CONCEPÇÃO • FABRICAÇÃO • ESTUDOS • MONTAGENS**

VENDA • ALUGUER • ASSISTÊNCIA TÉCNICA

2420 - 201 Carldora - LERESA - PORTUGAL • TEL: +351 244 720 700 • FAX: +351 244 720 700 • geral@carldora.com • www.carldora.com

Rev 00



# carldora


CORROSIVOS • ANTI-ÁCIDOS • ENCORAMENTOS • INSTALAÇÃO DE VALAS • ESTRUTURAS MOLDES • BANCADA DE FERRÃO

• QUALIDADE  
• ORIGINALIDADE  
• VERSATILIDADE

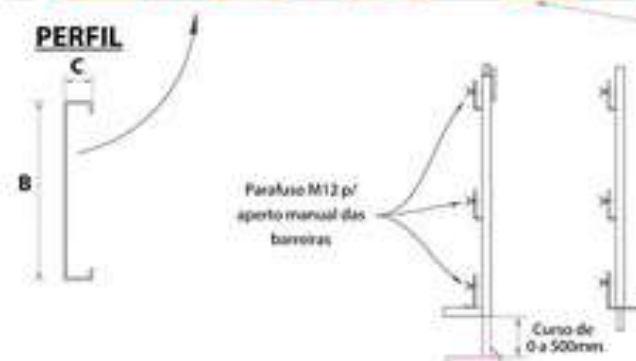
Números 10000, 10001 e 10002 - 1990  
PRODUTOS FUNDADOS em GALVANIZAÇÃO

## BARREIRAS DE PROTEÇÃO “ZEBRADOS” INTERLIGÁVEIS

**ALÇADO**



**PERFIL**



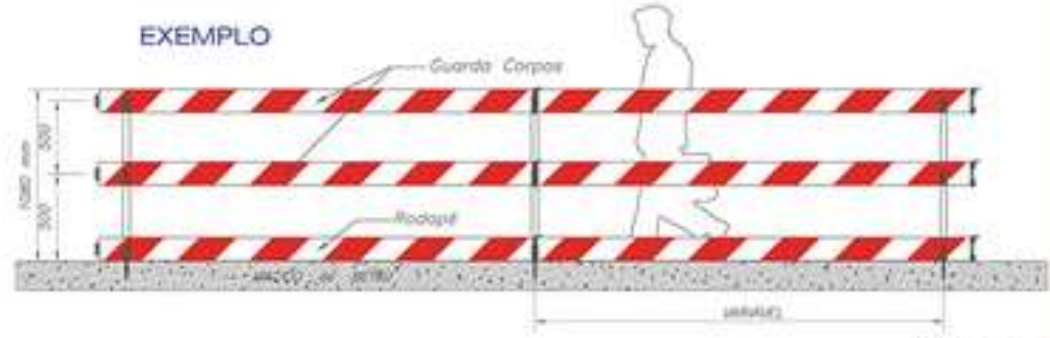
Parafuso M12 p/ aperto manual das barreiras

Curva de 0 a 500mm

**CARACTERÍSTICAS**

METÁLICAS
INTERLIGÁVEIS
TRAT. GALVANIZADO
ZEBRAS PINTADAS ou autocolante reflector VERMELHO e BRANCO
COMPRIMENTOS (A) mm 300 A 3000
LARGURA (B) mm 160
ESPESSURA (C) mm 25
PESO MÉDIO kg/m 3,50

**EXEMPLO**



Medidas em milímetros

CONCEPÇÃO • FABRICAÇÃO • ESTUDOS • MONTAGENS

VENDA • ALUGUER • ASSISTÊNCIA TÉCNICA

2420 - 2015 Carreira (LÉZEA) - PORTUGAL • TEL: +351 244 720 700 • Fax: +351 244 720 709 • geral@carldora.com • www.carldora.com

ESTES DESENHOS SÃO PROPRIEDADE DA CARLDORA • SÃO PODER SER REPRODUZIDOS POR TERCEIROS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO



## Anexo B – Informações técnicas dos elementos de Linha de vida



### Dados técnicos

Distância entre postes: Mín: 1,5 metros, 15 metros max. para sistemas de cabo de 8 mm. E de 20 metros para sistemas de 10mm (há exceções).

Usuários: Max: 4 para sistemas de 8mm e 4 e 7 para a 10 mm.

Carga dinâmica máxima em quedas: 6 kN (para uma pessoa) + 1 kN para cada pessoa adicional.

### Capacidade

A capacidade máxima é de 2 (dois) trabalhadores para um único sistema de amortecedores e quatro (4) trabalhadores para um sistema de duplo amortecedor, dependendo da capacidade de carga da ancoragem ou estrutura à qual a linha de vida horizontal está instalada.

### Forças do sistema

O Kit Xenon está equipado com um absorvedor de energia. No caso de queda, o absorvedor de energia limita as forças no sistema.

### Forças após retenção de queda

Em conjunto com o Sistema de Linha de Vida Horizontal Xenon, os trabalhadores devem usar um autoretrátil de conexão Miller / limitador de queda ou de uma corda com absorvedor de energia, que limita a força máxima de queda imposta para o trabalhador para 4kN.

### Queda livre

Sistemas individuais anti-queda devem ser manipulados para limitar uma queda livre com a distância mais curta possível máxima (2 m).

### Altura livre de queda

Certifique-se que existe espaço suficiente abaixo do utilizador seu caminho para evitar na queda atingir um nível inferior ou outro objeto.

### Riscos Ambientais

O uso deste equipamento em áreas onde existem perigos ambientais pode exigir precauções adicionais para limitar a possibilidade de ferimentos no utilizador ou danos no equipamento. Os perigos podem incluir, mas não estão limitados a, temperaturas extremas, produtos químicos cáusticos, ambientes corrosivos, linhas de alta tensão, gases explosivos ou tóxicos, máquinas em movimento, e bordas afiadas. Não exponha o equipamento a qualquer perigo que ele não foi projetado para suportar. Consulte o fabricante em caso de dúvida.

### Requisitos do sistema

O Sistema de linha de vida horizontal deve ser projetado, instalado e utilizado, sob a supervisão de uma pessoa qualificada, como parte de um sistema anti-queda completo, que mantém um fator de segurança de pelo menos dois.

#### 4.6 Instalação de postes de ancoragem

A tabela a seguir é útil para o dimensionamento dos postes de acordo com as cargas de pico de engate e suas alturas:

##### A) DIMENSÃO DE POSTES INICIO/FINAL E CURVAS COM SUPORTE:

ALTURA	CARGA MÁXIMA	POSTE E DIMENSÕES (TUBO QUADRADO)
0,4 m	10 kN	60 x 60 x 3
	15 kN	60 x 60 x 3
	20 kN	60 x 60 x 3
0,6 m	10 kN	60 x 60 x 3
	15 kN	60 x 60 x 3
	20 kN	70 x 70 x 3
0,8 m	10 kN	70 x 70 x 3
	15 kN	70 x 70 x 3
	20 kN	70 x 70 x 3
1 m	10 kN	80 x 80 x 4
	15 kN	80 x 80 x 4
	20 kN	100 x 100 x 4

##### (B) AS DIMENSÕES DE POSTES

ALTURA	CARGA MÁXIMA	POSTE E DIMENSÕES (TUBO QUADRADO)
0,4 m	> 6 kN	60 x 60 x 3
	7 kN	60 x 60 x 3
	8 kN	60 x 60 x 3
	9 kN	60 x 60 x 3
0,6 m	6 kN	70 x 70 x 3
	7 kN	80 x 80 x 3
	8 kN	80 x 80 x 3
	9 kN	80 x 80 x 3
0,8 m	6 kN	80 x 80 x 3
	7 kN	80 x 80 x 4
	8 kN	80 x 80 x 4
	9 kN	80 x 80 x 5
1 m	6 kN	80 x 80 x 5
	7 kN	80 x 80 x 5
	8 kN	80 x 80 x 5
	9 kN	100 x 100 x 4

##### Atenção!

Para os cálculos estáticos foi assumido um ângulo de cambagem de 15 ° em relação ao eixo vertical do poste.

